



โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริม ประสบการณ์

การหาอายุอิฐด้วยวิธีการเปล่งแสงจากปราสาทใบแบก จังหวัดบุรีรัมย์

โดย

นายปริญญากรณ์ สนพิพัฒน์
เลขประจำตัวนิต 6032723023

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การหาอายุอิฐด้วยวิธีการเปล่งแสงจากปรัสสาทไบแบก จังหวัดบุรีรัมย์

นาย ปริญากรณ์ สนพิพัฒน์

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563

LUMINESCENCE DATING OF BRICKS FROM BIBAG CASTLE,
BURIRAM PROVINCE

Mr. Parinyakorn Sonhiphat

A Project Submitted in Partial Fulfillment of
the Requirement for the Degree of Bachelor of Science
Department of Geology Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2020

หัวข้อโครงการ

การหาอายุอิฐด้วยวิธีการเปล่งแสงจากปรัสสาทไบแบก
จังหวัดบุรีรัมย์

โดย

นายปริญญากรณ์ สนพิพัฒน์

สาขาวิชา

ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

ศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้

วันที่ส่ง 14 พฤษภาคม 2564

วันที่อนุมัติ 7 พฤษภาคม 2564



(ศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

Project Title LUMINESCENCE DATING OF BRICKS FROM BIBAG CASTLE,
BURIRAM PROVINCE
By Mr. Parinyakorn Sonhiphat
Field of Study Geology
Project Advisor Professor Santi Pailoplee, Ph. D.

Submitted date 14/5/2021
Approval date 7/5/2021



.....
Professor Santi Pailoplee, Ph. D.
Project Advisor

6032723023 : ภาควิชาธรณีวิทยา

ปริญญานิพนธ์ สนธิพัฒน์ : การหาอายุอิฐด้วยวิธีการเปล่งแสงจากปราสาทไบแบก จังหวัดบุรีรัมย์
(LUMINESCENCE DATING OF BRICKS FROM BIBAG CASTLE, BURIRAM PROVINCE)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ : ศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้

ปราสาทไบแบก ตั้งอยู่ที่ตำบลจันทบเพชร อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ นายสันติ อุทุมพร นายกเทศมนตรี ตำบลจันทบเพชร ได้กล่าวว่าจากข้อมูลและหลักฐานที่พบนั้น สันนิษฐานว่าปราสาทไบแบก มีอายุราวพุทธศตวรรษที่ 16 – 17 ลักษณะพิเศษของปราสาทไบแบกนี้คือ เป็นปราสาทหินสองสี เนื่องจากในอดีต ผู้สร้างปราสาทได้เลือกหินทรายอันมีผลึกแร่ควอตซ์ที่ส่องแสงประกายคล้ายเพชรปนอยู่ แล้วนำมาขัดตกแต่งทำเป็นก้อนขนาดเดียวกับก้อนอิฐ มาก่อเรียงเป็นตัวปราสาท แต่ทำได้ช้า จึงเปลี่ยนมาใช้เทคนิคการก่ออิฐประสานด้วยน้ำยางเคมีโบราณ ซึ่งตั้งแต่ผนังช่วงบนขึ้นไปจะก่อด้วยอิฐดินเผาไม่สอปูน อิฐแนบสนิทกัน มีร่องรอยการใช้ปูนขาวดำฉาบและตกแต่งผิวด้านนอก และใช้หินทรายเป็นส่วนค้ำยันโครงสร้างรับน้ำหนัก ในปัจจุบันยังไม่ทราบอายุในการสร้างปราสาทไบแบกที่ชัดเจน เนื่องจากไม่มีการบันทึกไว้ในประวัติศาสตร์ จากประเด็นปัญหาดังกล่าว นิสิตผู้จัดทำโครงการซึ่งมีความสนใจทางด้านประวัติศาสตร์ของปราสาทไบแบกประกอบกับความต้องการประยุกต์ความรู้ทางด้านธรณีวิทยาเข้ากับประวัติศาสตร์ จึงมีความสนใจที่จะทำการทดลองเพื่อหาอายุอิฐจากปราสาทไบแบก ด้วยวิธีการเปล่งแสงและนำผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ มาทำการวิเคราะห์เทียบกับข้อมูลทางโบราณคดีและประวัติศาสตร์ เพื่อทำการสรุปและอภิปรายผลถึงลำดับเหตุการณ์การสร้างและการบูรณะของปราสาทไบแบกได้ จากหลักการเบื้องต้นของการหาอายุด้วยวิธีการเปล่งแสงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหาอายุอิฐได้ โดยผู้จัดทำโครงการทำการศึกษาตัวอย่างอิฐจากปราสาทไบแบกทั้งหมด 4 ตัวอย่าง โดยทำการเตรียมตัวอย่างเพื่อทดลองหาค่า Equivalent dose (ED) และ Annual dose (AD) ด้วยเครื่อง TL/OSL reader และ Gamma-ray spectrometer ตามลำดับ แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ผลพบว่า แต่ละตัวอย่างมีการกระจายตัวของอายุอยู่ที่ 800 ปีก่อนปัจจุบัน โดยตรงกับในพุทธศตวรรษที่ 18 และตัวอย่าง BB04 ส่วนที่แรเงาในตารางนั้นเป็นส่วนที่เป็นคาบเกี่ยวช่วงพุทธศตวรรษที่ 17 ซึ่งมีอายุใกล้เคียงกับข้อมูลที่อ้างอิงจากประวัติศาสตร์ตามที่ นายสันติ อุทุมพร นายกเทศมนตรีตำบลจันทบเพชร อ.บ้านกรวด จ.บุรีรัมย์ ได้กล่าวว่าจากข้อมูลและหลักฐานที่พบนั้น สันนิษฐานว่าปราสาทไบแบก มีอายุราวพุทธศตวรรษที่ 16 – 17

ภาควิชา ธรณีวิทยา

ลายมือชื่อนิสิต.....*ปริญญานิพนธ์*

สาขาวิชา ธรณีวิทยา

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก.....*Santhi B.*

ปีการศึกษา 2563

6032723023 : MAJOR GEOLOGY

Parinyakorn Sonphiphat : LUMINESCENCE DATING OF BRICKS FROM BIBAG CASTLE,
BURIRAM PROVINCE.

Project Advisor : Professor Santi Pailoplee, Ph. D.

Bibag castle is in Chanthabphet Sub-district, Ban Kruat District, Mr. Santi Uthumporn, Mayor of Chanthabphet Sub-district Said that from the information and evidence found It is assumed that the Bibag castle. Age around the 16th to 17th century, A two-colored stone castle Because in the past. The castle's builders chose a sandstone with a shimmering diamond-like quartz crystal. Then polished to make cubes of the same size as bricks come to form a castle, but can be slow, so they switched to brick-cement techniques with ancient chemicals. Which from the top of the wall is made of clay bricks, not spongy bricks close together. At present, the exact age of the construction of Bibag castle is currently unknown. As they are not recorded in history. From such issues students who are interested in the history of Bibag castle with a need to apply their knowledge of geochronology. Therefore, interested in conducting experiments to find the age of bricks from Bibag castle by the method of luminescence dating and bringing the results of scientific experiments Let's make an analysis comparing it with archaeological and historical data. From the basic principle of luminescence dating determination, it can be applied to determine the age of bricks. Preparing samples for determination of Equivalent dose (ED) and Annual dose (AD) with TL / OSL reader and Gamma-ray spectrometer, respectively, and the results were analyzed. Each sample had an age distribution of 800 years before the present. Directly with the 18th century Buddhist example and the BB04 example, the shaded part in the table is a part that overlaps the 17th century Buddhist era, which is closely related to historical data according to Mr. Santi Uthumporn, Mayor of Chanthabphet Sub-district said that from the information and evidence found that It is assumed that the Bibag castle. Age around the 16th to 17th century.

Department : Geology

Field of Study : Geology

Academic Year : 2020

Student's Signature..... 

Advisor's Signature..... 

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหาอายุอิฐด้วยวิธีการเปล่งแสงจากปรัสสาทไบแบก จังหวัดบุรีรัมย์ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอุปการะคุณจากหลายท่าน ดังต่อไปนี้

ขอขอบคุณ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้อนุมัติงบประมาณและเอื้อเฟื้ออุปการณ์การทดลองในการจัดทำโครงการในครั้งนี้ ขอขอบคุณศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการและผู้อุปการะคุณในการจัดหาตัวอย่างอิฐจากปรัสสาทไบแบก จังหวัดบุรีรัมย์ รวมถึงทั้งสองท่านยังให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการ อีกทั้งยังให้กำลังใจและคอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ตลอดการจัดทำโครงการที่ผ่านมา ขอขอบคุณ ดร. พิรสิทธิ์ สุระเกียรติชัย ที่ได้ให้ความรู้ทางด้านทฤษฎีและวิธีการทดลองในการเตรียมตัวอย่างอิฐก่อนวิเคราะห์ผลข้อมูลทางสถิติ รวมถึงคอยเป็นกำลังใจที่ดีให้เสมอมา ขอขอบคุณ บุคลากรทุกท่านในภาควิชาธรณีวิทยา ที่คอยอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ ตลอดระยะเวลาในการทำการทดลอง ขอขอบคุณ นายธนิสรณ์ พุทธกาล นายพงษ์ภัทร์ ชื่นอร่ามรุ่งเรือง และนางสาวสุทธิกานต์ คำศิริ ที่คอยให้คำปรึกษาทางด้านวิธีการทำการทดลอง และเป็นกำลังใจที่ดีซึ่งกันและกันเสมอมา ขอขอบคุณ นางสาววรินยุพา เจริญชาติรี นางสาวเอมมิกา โลจนานันท์และนางสาวบงกช ฦ พัทลุง เพื่อนร่วมรุ่นที่ช่วยเหลือซึ่งกันและกันตลอดการเตรียมตัวอย่างอิฐ เพื่อใช้ในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ก่อนนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ รวมถึงเป็นกำลังใจให้กันและกันมาโดยตลอด ขอขอบคุณ นางสาวสุภัค เพลินบุบผาและนายคณิศร ศัมพะจันทร์ เพื่อนร่วมรุ่นที่ช่วยเหลือทางด้านยานพาหนะในการออกภาคสนาม เพื่อสำรวจสถานที่ที่สนใจเกี่ยวกับโบราณสถาน ขอขอบคุณ เพื่อนร่วมรุ่นในภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รุ่นที่ 61 รุ่นพี่และรุ่นน้องในภาควิชาที่คอยให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ รวมถึงเป็นกำลังใจที่ดีให้กันเสมอมา

และสุดท้ายนี้ ขอขอบคุณครอบครัวที่คอยสนับสนุน คอยให้กำลังใจ และคอยช่วยเหลืองบประมาณในการจัดทำโครงการในครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	จ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 พื้นที่ศึกษา	3
1.5 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 2 วิธีการทดลอง	15
2.1 การเก็บตัวอย่างอิฐ	15
2.2 การเตรียมตัวอย่างและการทดลอง	15
บทที่ 3 ผลการทดลอง	20
3.1 ผลการหาร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง (Water content, W)	20
3.2 ผลการหาปริมาณของอิเล็กตรอนที่สะสมในตัวอย่าง (Equivalent dose, ED)	20
3.3 ผลการหาค่าอัตราการแผ่รังสีต่อปีของธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติ (Annual Dose, AD)	35
บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลอง	36
4.1 การคำนวณอายุผลการทดลอง	36
4.2 การวิเคราะห์อายุผลการทดลอง	37
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	39
5.1 สรุปผลอายุที่ได้จากการทดลอง	39
5.2 ข้อเสนอแนะ	39
บรรณานุกรม	40

สารบัญรูปลูกภาพ

	หน้า
1.1 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของปราสาทไบบЕК ตำบลจันทบเพชร อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์	2
1.2 แบบจำลองกลไกการเปล่งแสงของแร่ (http://www.mitrearth.org)	5
1.3 (ก) ปัจจัยต่าง ๆ ที่สามารถกระตุ้นอิเล็กตรอนให้เข้าไปฝังตัวอยู่ในหลุมเก็บอิเล็กตรอน (ข) แบบจำลองสรุปผลผลิตที่ได้จากการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี (http://www.mitrearth.org)	6
1.4 (ก) เครื่องมือ Gamma Spectrometer (ข) แบบจำลองสรุปกลไกการทำงานของ เครื่องมือ Gamma Spectrometer (ค) ลักษณะของผลที่ได้จากการตรวจวัด ความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสีต่าง ๆ ในตัวอย่าง จากเครื่อง Gamma Spectrometer (http://www.mitrearth.org)	7
1.5 ศักยภาพในการทะลุทะลวงวัสดุต่าง ๆ ของอนุภาคแอลฟา เบตาและแกมมา ตามลำดับ (http://www.mitrearth.org)	8
1.6 สัมประสิทธิ์การลดทอนแสดง (ก) ความสามารถในการทะลุทะลวงของเบตา (พจน์ a) (ข) ความสามารถในการทะลุทะลวงของแอลฟา (พจน์ b) ที่สัมพันธ์กับขนาดของเม็ด ตะกอนที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม (Aitken, 1985) (http://www.mitrearth.org)	9
1.7 รูปจำลองแสดงระดับพลังงานในระหว่างกระบวนการต่าง ๆ ของการเปล่งแสง (Aitken, 1985) (http://www.mitrearth.org)	11
1.8 (ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง จำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) (แกนตั้ง) ในแต่ละเวลาการอาบแสงกระตุ้น (แกนนอน) และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจ วัดได้จากการเปล่งแสงด้วยวิธี OSL (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ในตัวอย่างและ ปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) (http://www.mitrearth.org)	11
1.9 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่อง TL/OSL Reader	12
2.1 ตัวอย่างอิฐ 4 ตัวอย่าง จากปราสาทไบบЕК จังหวัดบุรีรัมย์	15
2.2 ตัวอย่างอิฐที่ถูกตัดในแนวด้านกว้างด้วยเครื่องตัดหินเจียร	15
2.3 ตัวอย่างอิฐที่ได้รับการบดถูกบรรจุในกระปุกพลาสติกเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร	17
2.4 บรรยากาศและอุปกรณ์ในการเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ทดลองหาค่า ED	18
2.5 แสดงเครื่องมือ TL/OSL reader ของภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	19

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
3.10 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB03 ในการทดลองครั้งที่ 2 (BB03_02)	29
3.11 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB03 ในการทดลองครั้งที่ 3 (BB03_03)	30
3.12 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB03 ในการทดลองครั้งที่ 4 (BB03_04)	31
3.13 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB04 ในการทดลองครั้งที่ 1 (BB04_01)	32
3.14 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB04 ในการทดลองครั้งที่ 2 (BB04_02)	33
3.15 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB04 ในการทดลองครั้งที่ 3 (BB04_03)	34
3.16 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB04 ในการทดลองครั้งที่ 4 (BB04_04)	35
4.1 แผนภาพแสดงการกระจายตัวช่วงอายุก่อนปัจจุบันของตัวอย่างอิฐ BB01 BB02 BB03 และ BB04	38
4.2 แผนภาพแสดงการกระจายตัวช่วงอายุปีพุทธศักราชของตัวอย่างอิฐ BB01 BB02 BB03 และ BB04	38

สารบัญตาราง

	หน้า
1.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสี (หน่วย ppm หรือ %) และอัตราการแผ่รังสีต่อปี (หน่วย mGy/year) นำเสนอโดย Bell (1979)	7
2.1 ตารางแสดงข้อมูลและภาพของตัวอย่างก่อนตัดและหลังตัดตัวอย่าง BB01 BB02 BB03 และ BB04	16
3.1 แสดงผลการหาค่าร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง (Water content, W)	20
3.2 แสดงผลการหาค่า ED ของตัวอย่างอิฐ BB01	23
3.3 แสดงผลการหาค่า ED ของตัวอย่างอิฐ BB02	27
3.4 แสดงผลการหาค่า ED ของตัวอย่างอิฐ BB03	28
3.5 แสดงผลการหาค่า ED ของตัวอย่างอิฐ BB04	35
3.6 แสดงผลการหาค่าอัตราการแผ่รังสีต่อปี (Annual Dose, AD) จากเครื่อง Gamma-ray Spectrometer ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	35
4.1 แสดงผลการคำนวณหาอายุของตัวอย่างอิฐ BB01 BB02 BB03 และ BB04	36
4.2 แสดงอายุก่อนปัจจุบันของตัวอย่างอิฐ BB01 BB02 BB03 และ BB04	37
5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างอิฐทั้ง 4 ตัวอย่างและช่วงอายุ	39

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปราสาทใบแบก ตั้งอยู่ที่ตำบลจันทบเพชร อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ ห่างไปทางทิศใต้ของตัวอำเภอบ้านกรวดประมาณ 11 กิโลเมตร นายสันติ อุทุมพร นายกเทศมนตรี ตำบลจันทบเพชร ได้กล่าวว่าจากข้อมูลและหลักฐานที่พบนั้น สันนิษฐานว่าปราสาทใบแบก มีอายุราวพุทธศตวรรษที่ 16-17 ลักษณะพิเศษของปราสาทใบแบกนี้คือ เป็นปราสาทหินสองสี เนื่องจากในอดีต ผู้สร้างปราสาทได้เลือกหินทรายอันมีผลึกแร่ควอตซ์ที่ส่องแสงประกายคล้ายเพชรปนอยู่ แล้วนำมาขัดตกแต่งทำเป็นก้อนขนาดเดียวกับก้อนอิฐ มาก่อเรียงเป็นตัวปราสาท แต่ทำไม่ได้ซ้ำ จึงเปลี่ยนมาใช้เทคนิคการก่ออิฐประสานด้วยน้ำยางเคมีโบราณ ซึ่งตั้งแต่ผนังช่วงบนขึ้นไปจะก่อด้วยอิฐดินเผาไม่สอปูน อิฐแนบสนิทกัน มีร่องรอยการใช้ปูนขาวตำฉาบและตกแต่งผิวด้านนอก และใช้หินทรายเป็นส่วนค้ำยันโครงสร้างรับน้ำหนัก ในปัจจุบันยังไม่ทราบอายุในการสร้างปราสาทใบแบกที่ชัดเจน เนื่องจากไม่มีการบันทึกไว้ในประวัติศาสตร์ จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่า อิฐที่ใช้ในการสร้างปราสาทนั้น เป็นอิฐที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างจากอิฐในยุคปัจจุบัน จึงสมมติฐานว่า อิฐที่ถูกนำมาใช้สร้างปราสาทเป็นอิฐที่สร้างขึ้นมาตั้งแต่ในสมัยแรกเริ่มและคาดว่าอาจมีการปรับปรุงซ่อมแซมในภายหลังเพื่อทำการบูรณะในส่วนที่ชำรุดเสียหาย

จากงานวิจัยของ ธนิสร์น พุทธกาล (2560) กล่าวว่า การหาอายุอิฐในทางโบราณคดีแต่เดิมนั้น ใช้การหาอายุสัมพัทธ์ (Relative-age Dating) ซึ่งไม่สามารถหาอายุเป็นตัวเลขที่แน่นอน และไม่สามารถนำไปเปรียบเทียบช่วงเวลาอย่างเป็นสากลได้เหมือนกับการหาอายุสัมบูรณ์ (Absolute-age Dating) และในช่วงประมาณ 20 ปีที่ผ่านมา นักวิทยาศาสตร์ได้คิดค้นและพัฒนาวิธีการหาอายุของอิฐด้วยวิธีการเปล่งแสง จากโบราณสถานที่สำคัญต่างๆ ในหลากหลายประเทศ อาทิ เช่น อิฐจากอาคารในยุคกลางของรัสนิวคาสเซิล สหราชอาณาจักร (Bailiff, I. K., 2007) อิฐจากคริสตจักรในแคว้นนอร์ม็องดี โดยตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศฝรั่งเศส (Sophie Blain, 2009) และ อิฐจากโบราณสถานทุ่งตึกซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณตอนล่างของเกาะคอเขา อำเภอดงตาล จังหวัดพังงา (Santi Pailoplee, 2010) ทั้งนี้ในปัจจุบัน แนวความคิดอนุรักษ์นิยมของคนไทย นำไปสู่การนำคุณค่าของศิลปะในอดีตมาใช้สร้างเป็นสถาปัตยกรรมชิ้นใหม่ เช่น การบูรณะปราสาทใบแบก ที่ต้องการให้สถาปัตยกรรมที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ มีลักษณะทางกายภาพเหมือนกับสถาปัตยกรรมเดิม หากนำอิฐจากโบราณสถานนี้ไปหาอายุด้วยวิธีการเปล่งแสง อาจจะช่วยให้อายุที่วัดได้ใกล้เคียงกับเหตุการณ์ในการสร้าง

ปราสาทใบแบกและก่อให้เกิดความเข้าใจในลำดับเหตุการณ์การสร้างปราสาทใบแบกที่สัมพันธ์กับประวัติศาสตร์ได้ดีขึ้น

จากประเด็นปัญหาดังกล่าว นิสิตผู้จัดทำโครงการซึ่งมีความสนใจทางด้านประวัติศาสตร์ของปราสาทใบแบกประกอบกับความต้องการประยุกต์ความรู้ทางด้านธรณีวิทยาเข้ากับประวัติศาสตร์ จึงมีความสนใจที่จะทำการทดลองเพื่อหาอายุอิฐจากปราสาทใบแบก ด้วยวิธีการเปล่งแสงและนำผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ มาทำการวิเคราะห์เทียบเคียงกับข้อมูลทางโบราณคดีและประวัติศาสตร์ เพื่อทำการสรุปและอภิปรายผลถึงลำดับเหตุการณ์การสร้างและการบูรณะของปราสาทใบแบกได้



รูป 1.1 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของปราสาทใบแบก ตำบลจันทบเพชร อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์

1.2 จุดประสงค์

เพื่อหาอายุอิฐจากปราสาทใบแบก จังหวัดบุรีรัมย์ ด้วยวิธีการเปล่งแสง

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

อายุอิฐที่ใช้สร้างปราสาทใบแบก จังหวัดบุรีรัมย์

1.4 พื้นที่ศึกษา

1.4.1 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

ปราสาทใบแบก ตั้งอยู่ที่บ้านสายโท 5 ตำบลจันทบเพชร อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ ปรากฏเป็นปรากฏขอมสร้างด้วยอิฐ แบบไม่สอปูน 3 องค์ ตั้งอยู่บนศิลาแลงเดียวกัน โดยวางตัวในแนวทิศเหนือ - ใต้ ปรากฏแต่ละองค์มีประตูเข้าประตูเดียวทางด้านทิศตะวันตก ประตูอีสานด้าน เป็นประตูหลอก เสาประดับกรอบประตูหินทรายเป็นเสาแปดเหลี่ยม ปัจจุบันส่วนยอดของปรากฏองค์ด้านทิศเหนือยังคงสภาพ ส่วนปรากฏองค์กลางและองค์ด้านทิศใต้ส่วนยอดพังทลาย กำแพงแก้วและซุ้มประตูสร้างด้วยอิฐแบบไม่สอปูนเช่นเดียวกับปรากฏ กำแพงแก้วมีแผนผังเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าล้อมรอบปรากฏทั้ง 3 องค์ ไว้ภายใน โดยมีซุ้มประตูทางเข้าอยู่ทางด้านทิศตะวันตก บริเวณปราสาทนี้พบแท่นหินประติมากรรมหินทราย เสาประดับกรอบประตูแปดเหลี่ยม ปรากฏองค์จำลอง และบ่วงอดปราสาทมีอายุอยู่ในราวพุทธศตวรรษที่ 16-17

1.4.2 ลักษณะทางภูมิศาสตร์

จังหวัดบุรีรัมย์ตั้งอยู่บริเวณด้านใต้ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างเส้นรุ้งที่ 14 องศา 15 ลิปดา เหนือ กับ 15 องศา 45 ลิปดา เหนือ และเส้นแวงที่ 102 องศา 30 ลิปดา ตะวันออก กับ 103 องศา 45 ลิปดา ตะวันออก ห่างจากกรุงเทพมหานครโดยทางรถยนต์ประมาณ 410 กิโลเมตร จังหวัดบุรีรัมย์มีเนื้อที่รวมทั้งสิ้น 10,393.9 ตารางกิโลเมตร หรือ 6,451,178.125 ไร่ มีอาณาเขตติดกับ จังหวัดและประเทศใกล้เคียง

ทิศเหนือ ติดกับ จังหวัดขอนแก่น มหาสารคาม และสุรินทร์

ทิศตะวันออก ติดกับ จังหวัดสุรินทร์

ทิศใต้ ติดกับ จังหวัดสระแก้ว และราชอาณาจักรกัมพูชา

ทิศตะวันตก ติดกับ จังหวัดนครราชสีมา

1.4.3 ลักษณะภูมิประเทศ

สภาพพื้นที่โดยทั่วไป ทางตอนใต้ของจังหวัดเป็นพื้นที่สูงและภูเขา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่ง เทือกเขาตงรัก ระดับความสูงตั้งแต่ 200 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลางขึ้นไป ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 25 ของพื้นที่จังหวัด ได้แก่ พื้นที่ด้านทิศตะวันตกของอำเภอหนองหงส์ และหนองกี่ ตอนใต้ของอำเภอนางรอง ปะคำ ละหานทราย และบ้านกรวด ตอนกลางของจังหวัดเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้น ความสูง ระหว่าง 150-200 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 60 ของพื้นที่จังหวัด อยู่ในเขตอำเภอประโคนชัย พลับพลาชัย เมืองบุรีรัมย์ กระสัง ลำปลายมาศและคูเมือง และบางส่วนของอำเภอนางรอง หนองกี่ หนองหงส์ สตึก และพุทไธสง บริเวณอำเภอบ้านกรวด นางรอง ลำปลายมาศ เป็นที่ราบลุ่มริมฝั่งของลำปลายมาศ ลำนางรอง ลำปะเทียบ ลำทะเมนชัย ห้วยราชและห้วยตาตุ่ง ส่วนพื้นที่ตอนใต้ของอำเภอพุทไธสง คูเมือง และเมืองบุรีรัมย์ เป็นพื้นที่ภูเขาสูงและพื้นที่ป่าไม้ ส่วนที่เหลือเป็นที่

ราบลุ่มแม่น้ำมูล ความสูงเฉลี่ยต่ำกว่า 150 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง อยู่ทางตอนบนของอำเภอพุทไธสง คูเมือง สตี๊ก และนาโพธิ์ (ที่มาของข้อมูล: www.ftiprovince.or.th) แหล่งน้ำธรรมชาติสำคัญ ได้แก่ แม่น้ำมูล แม่น้ำชี ลำปลายมาศ ลำนางรอง ลำปะเทีย ลำพังชู ลำจักราช ลำห้วยแอก ลำสะเทต ลำตะโคง เป็นต้น เทือกเขาและภูเขาสำคัญประกอบด้วย เทือกเขาสันกำแพง ซึ่งต่อจากเทือกเขาตงพญาเย็น ตั้งแต่เขาเขียวในเขตอำเภอเมืองนครนายก มาสิ้นสุดที่ช่องตะโก อำเภอโนนดินแดง จังหวัดบุรีรัมย์ รวมความยาวประมาณ 137 กิโลเมตร และ เทือกเขา (พนม) ดงรัก ซึ่งเริ่มจากช่องเขาตะโกทอดยาวไปทางตะวันออกเฉียงเหนือพรมแดนไทย - กัมพูชา ผ่านจังหวัดสุรินทร์ ศรีสะเกษ ไปสิ้นสุดที่อำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี รวมความยาวประมาณ 335 กิโลเมตร นอกจากนี้จังหวัดบุรีรัมย์ยังพบภูเขาไฟที่เกิดขึ้นเนื่องจากการประทุของลาวาขึ้นมา บนแผ่นดินเมื่อ 9 แสนปีล่วงมา ได้แก่ ภูเขาไฟพนมรุ้ง ภูเขาไฟอังคาร และภูเขาไฟหลุบ อำเภอเฉลิม - พระเกียรติ ภูเขาไฟโปรด และภูเขาไฟเขาคอก อำเภอประโคนชัย และภูเขาไฟกระโดง อำเภอเมือง บุรีรัมย์

1.4.4 ลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์เป็นส่วนหนึ่งของที่ราบสูงโคราช (Khorat Plateau) ซึ่งรองรับด้วยหินตะกอนที่เกิดบนพื้นทวีปของกลุ่มหินโคราช (Khorat Group) 9 หมวดหิน เรียงลำดับจากหินอายุแก่ไปหาหินอายุน้อย ได้แก่ หมวดหินห้วยหินลาด หมวดหินน้ำพอง หมวดหินภูกระดึง หมวดหินพระวิหาร หมวดหินเสาขัว หมวดหินภูพาน หมวดหินโคกกรวด หมวดหินมหาสารคาม และหมวดหินภูทอก พื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์พบเพียงกลุ่มหินโคราชช่วงกลาง - ช่วงบน 5 หมวดหิน คือ หมวดหินพระวิหาร เสาขัว ภูพาน โคกกรวด และมหาสารคาม รองรับพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัด ยกเว้นทางตอนเหนือและตะวันตกที่ปกคลุมด้วยตะกอนไม่แข็งตัวยุคควอเทอร์นารี นอกจากนี้ยังพบหินบะซอลต์ไหลทางตอนกลางและขอบด้านตะวันตกเฉียงใต้ของตัวจังหวัด

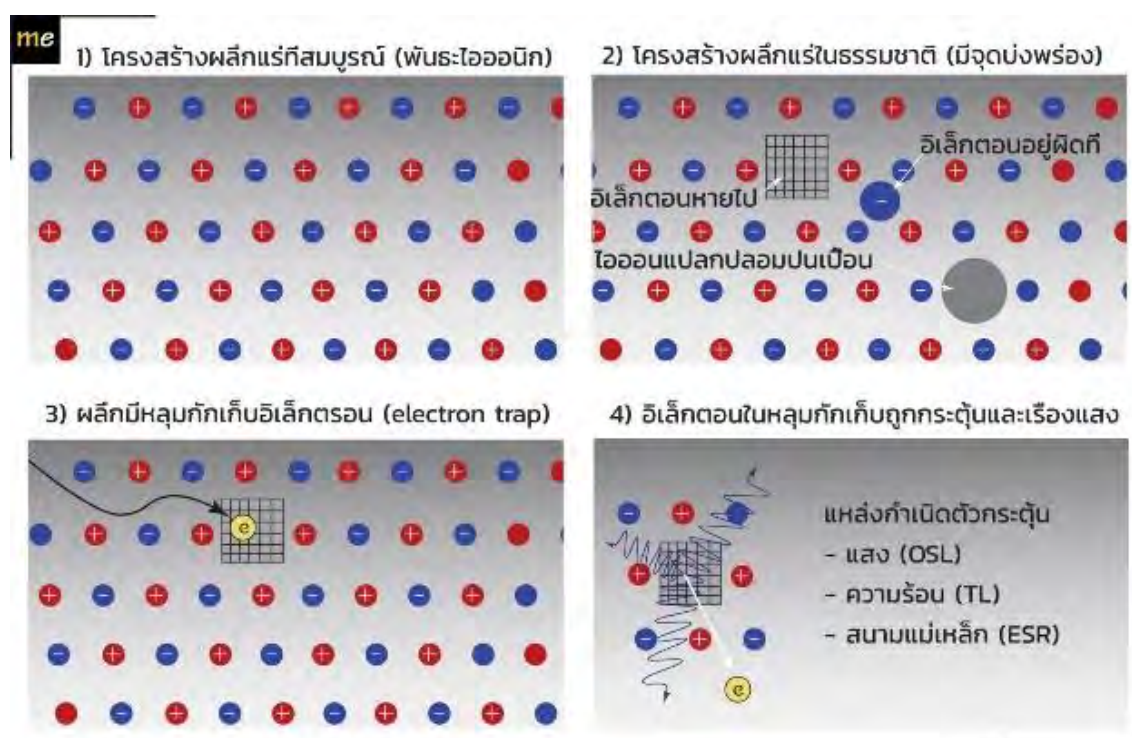
1.5 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.5.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการหาอายุด้วยวิธีการเปล่งแสง

1) **หลักการเปล่งแสงของแร่** การเปล่งแสงของแร่ซึ่งมีสถานะเป็นของแข็ง คือการเปล่งแสงที่เกิดขึ้นจากการที่อิเล็กตรอนที่อยู่ในระดับพลังงานกระตุ้นกึ่งเสถียร (meta state) นั้น ถูกกระตุ้นไปยังระดับพลังงานกระตุ้น (excited state) และพยายามลดพลังงานกลับมาที่ระดับพลังงานพื้นฐาน (ground state) ซึ่งเป็นระดับพลังงานที่เสถียรและปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของการเปล่งแสง

สามารถอธิบายได้ในรูปของระดับพลังงานของอิเล็กตรอนและการกักเก็บอิเล็กตรอน ในทางทฤษฎี ผลึกแร่ที่สมบูรณ์นั้นจะประกอบด้วยโครงข่ายผลึกของประจุลบและประจุบวกที่ยึดเหนี่ยวกันอยู่อย่างสมดุล (รูป 1.2 ขั้นตอนที่ 1) อย่างไรก็ตาม ผลึกแร่ในธรรมชาติ โดยเฉพาะแร่ประกอบหิน ส่วนใหญ่มีความบกพร่องเนื่องจากหลายกรณี (รูป 1.2 ขั้นตอนที่ 2) เช่น การแทนที่โดยประจุของธาตุมลทินหรือการเย็นตัวอย่างรวดเร็วของลาวากลายเป็นหิน ซึ่งความบกพร่องดังกล่าว ได้แก่ ประจุลบหายไป

จากตำแหน่งที่ควรรอยู่หรือประจุลบแทรกอยู่ระหว่างกลางโครงข่ายผลึก เป็นต้น ทำให้โครงข่ายผลึกของแร่มีตำแหน่งของประจุลบบางตำแหน่งไม่พบประจุลบ ซึ่งในตำแหน่งดังกล่าว จะประพติตัวเป็นหลุมกักเก็บอิเล็กตรอน (electron trap) โดยอยู่ในระดับพลังงานกระตุ้นกึ่งเสถียร (meta state) และเป็นจุดดึงดูดอิเล็กตรอนอื่น ๆ ที่กระจายตัวอยู่บริเวณรอบข้างให้เข้ามาฝังตัว (รูป 1.2 ขั้นตอนที่ 3) เมื่อแร่ได้รับการกระตุ้นจากพลังงานจากสิ่งแวดล้อมโดยรอบ เช่น พลังงานจากการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น ธาตุยูเรเนียม ทอเรียม และธาตุโพแทสเซียม อิเล็กตรอนจะถูกกระตุ้นและเข้าไปฝังอยู่ในหลุมกักเก็บอิเล็กตรอน เมื่อแร่ถูกกระตุ้นอีกครั้งด้วยพลังงานรูปแบบต่าง ๆ เช่น ความร้อนหรือแสง (รูป 1.2 ขั้นตอนที่ 4) อิเล็กตรอนที่อยู่ในหลุมกักเก็บอิเล็กตรอนสามารถหลุดออกมาจากหลุมกักเก็บอิเล็กตรอนและเปล่งแสงได้

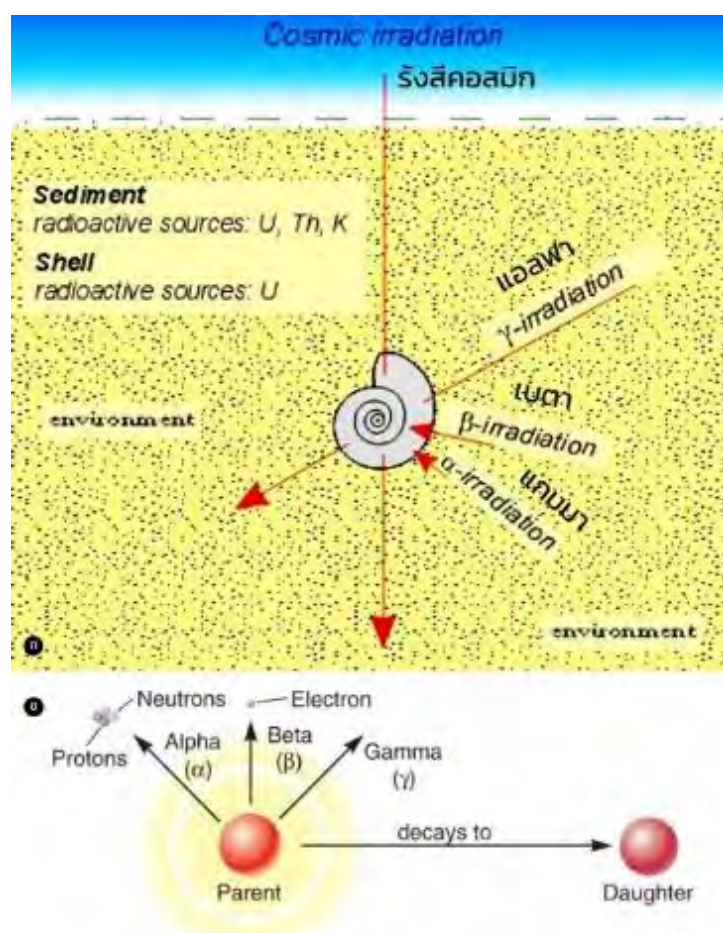


รูป 1.2 แบบจำลองกลไกการเปล่งแสงของแร่ (<http://www.mitrearth.org>)

2) การหาอายุของวัตถุ Equivalent dose (ED) คือ ค่าจำนวนอิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นให้ไปอยู่ในหลุมกักเก็บอิเล็กตรอน อันเนื่องมาจากการกระตุ้นจากการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีในบริเวณรอบข้าง มีหน่วยเป็น เกรย์ (Gy) Annual dose (AD) คือ อัตราการแผ่รังสีต่อปีของธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในบริเวณรอบข้าง ซึ่งธาตุกัมมันตรังสีที่สำคัญ ได้แก่ ยูเรเนียม (U) ทอเรียม (Th) และ โพแทสเซียม (K) รวมทั้งรังสีคอสมิก (cosmic ray) จากชั้นบรรยากาศ ซึ่งมีผลแค่เล็กน้อยเท่านั้น โดย AD มีหน่วยเป็น เกรย์ต่อปี (Gy/year) จากข้อมูลทั้ง 2 ค่านี้ สามารถนำไปหาอัตราส่วนระหว่าง ED ต่อ AD จะทำ

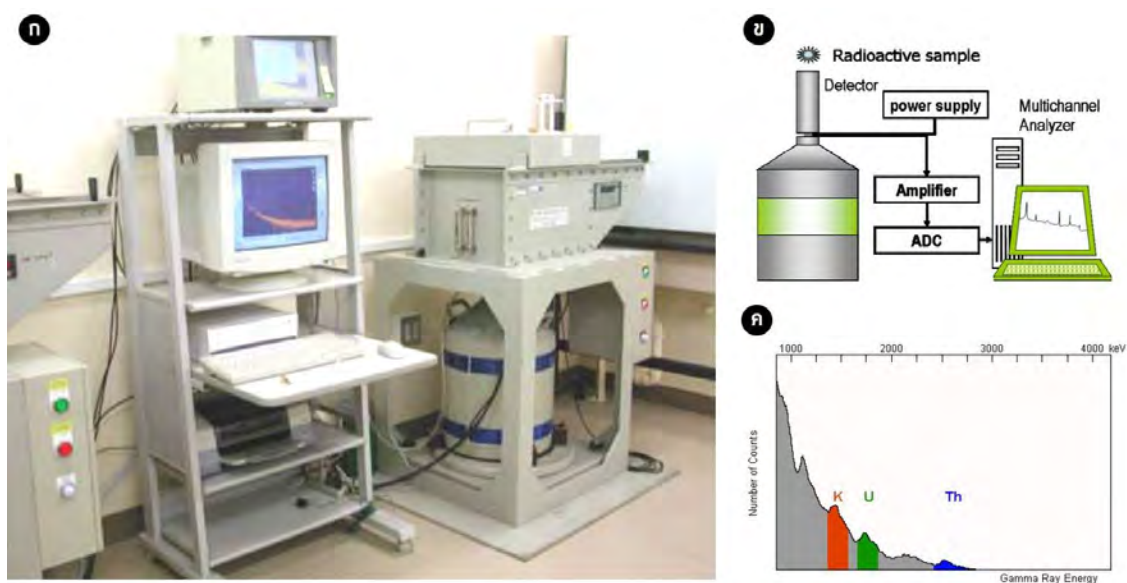
ให้ได้ผลลัพธ์ในหน่วยปี และเป็นอายุนับตั้งแต่แร่นั้นได้รับความร้อนครั้งล่าสุดหรือเป็นอายุนับตั้งแต่ตะกอนสะสมตัวครั้งสุดท้ายจนถึงปัจจุบัน ในกรณีที่ตะกอนนั้นผ่านกระบวนการพัดพา (transportation) และถูกออบแดดมา

3) การคำนวณอัตราการแผ่รังสีต่อปี (Annual dose, AD) เริ่มแรกจำเป็นต้องประเมินหาค่าความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสี (radioactive element) ที่ปะปนอยู่ในดินทั้งภายในและโดยรอบตัวอย่าง ซึ่งโดยธรรมชาติ ธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่นั้นและมีนัยสำคัญต่อการกระตุ้นอิเล็กตรอนให้เข้าไปฝังตัวอยู่ในหลุมกักเก็บอิเล็กตรอนนั้นมีอยู่ 3 ธาตุหลัก คือ ยูเรเนียม (U) ทอเรียม (Th) และโพแทสเซียม (K) ซึ่งทั้ง 3 ธาตุดังกล่าว จะสลายตัวไปตามเวลา ตามค่าครึ่งชีวิต (half life) เฉพาะตัวของแต่ละธาตุ จากนั้นธาตุกัมมันตรังสีดังกล่าวจะเปลี่ยนสภาพเป็นธาตุใหม่ พร้อมกับให้อนุภาคที่มีพลังงาน 3 ชนิด ได้แก่ อนุภาคแอลฟา อนุภาคเบตาและรังสีแกมมา ซึ่งทั้ง 3 อนุภาคนี้ เป็นตัวการสำคัญที่ไปกระตุ้นอิเล็กตรอนให้ไปอยู่ในหลุมกักเก็บอิเล็กตรอน



รูป 1.3 (ก) ปัจจัยต่าง ๆ ที่สามารถกระตุ้นอิเล็กตรอนให้เข้าไปฝังตัวอยู่ในหลุมกักเก็บอิเล็กตรอน
(ข) แบบจำลองสรุปผลผลิตที่ได้จากการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี (<http://www.mitrearth.org>)

หลังจากเก็บตัวอย่างและเตรียมตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว จะต้องนำตัวอย่างไปตรวจวัดเพื่อ คำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสีต่าง ๆ ที่มีอยู่ในดินที่เก็บมาจากรอบ ๆ วัตถุหรือ ตัวอย่างที่ต้องการหาอายุ ด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ซึ่งปัจจุบันก็สามารถทำได้หลากหลายวิธี ตามแต่ความสะดวกของการทำงาน เช่น วิธี Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy (ICP-MS) วิธี Neutron Activation Analysis (NAA) และวิธี Gamma Spectrometry (GS)



รูป 1.4 (ก) เครื่องมือ Gamma Spectrometer (ข) แบบจำลองสรุปกลไกการทำงานของเครื่องมือ Gamma Spectrometer (ค) ลักษณะของผลที่ได้จากการตรวจวัดความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสีต่าง ๆ ในตัวอย่าง จากเครื่อง Gamma Spectrometer (<http://www.mitrearth.org>)

ผลที่ได้จากการตรวจวัดด้วยวิธีต่าง ๆ ข้างต้น จะได้ค่าความเข้มข้นของธาตุ U และ Th ในหน่วย 1:1,000,000 หรือ part per million (ppm) ส่วนธาตุ K จะได้ในหน่วยเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียม (%K) จากค่าที่ได้ สามารถคำนวณค่าอัตราการแผ่รังสีต่อปีในหน่วย เกรย์/ปี (Gy/year) ซึ่งนิยมใช้ตารางความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของแต่ละธาตุกัมมันตรังสีและปริมาณการแผ่รังสีต่อปี นำเสนอโดย Bell (1979) ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

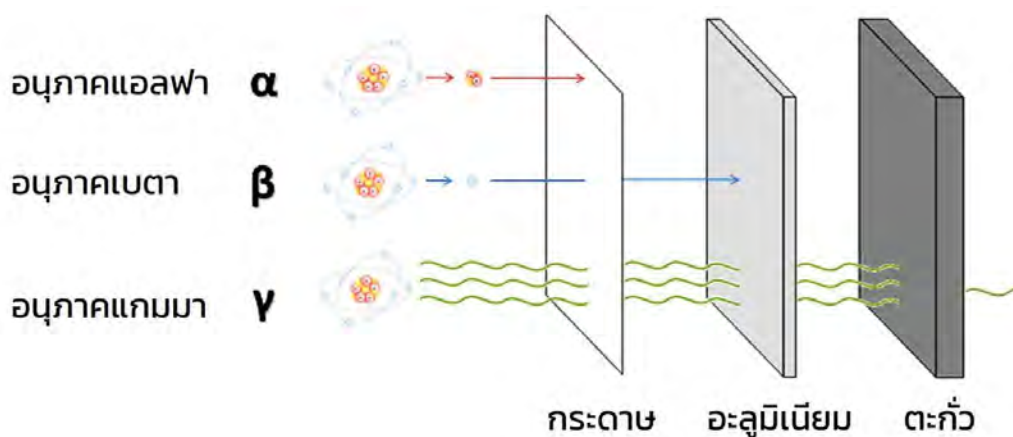
ตาราง 1.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสี (หน่วย ppm หรือ %) และ อัตราการแผ่รังสีต่อปี (หน่วย mGy/year) นำเสนอโดย Bell (1979)

อนุภาค	ความเข้มข้น	แอลฟา	เบตา	แกมมา
Th	1 ppm ^{232}Th	0.738	0.0286	0.0514
U	1 ppm ^{238}U	2.783	0.1462	0.1148
K	1% K	-	0.8303	0.2492

อย่างไรก็ตาม จากค่า AD ที่ได้ถึงขั้นตอนนี้ เป็นค่าอัตราการแผ่รังสีต่อปีในทางอุดมคติ หรือเป็นค่าที่ได้ 100% โดยที่ไม่ได้รับผลกระทบซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการลดทอนของสัญญาณแต่อย่างใด แต่ในทางปฏิบัติสาเหตุของการลดทอนของอัตราการแผ่รังสี และต้องนำมาพิจารณาในการประเมินค่า AD นั้นมีอยู่ 2 ปัจจัยด้วยกัน ดังนี้

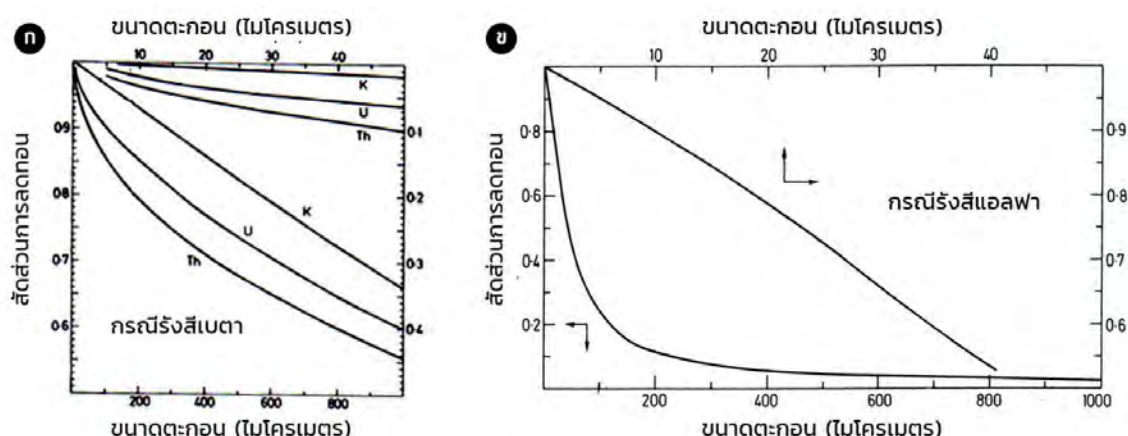
1) การลดทอนของสัญญาณเพราะขนาดของเม็ดตะกอนหรือผลึกแร่

ซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับระยะทางในการเดินทางของอนุภาค (แอลฟา เบตา แกมมา) จากแหล่งกำเนิดไปสู่แร่ที่ต้องการหาอายุ อนุภาคต่าง ๆ ที่เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานในการกระตุ้นอิเล็กตรอนนั้น ทั้งอนุภาคแอลฟา เบตาและแกมมา จะมีลักษณะเฉพาะและคุณสมบัติการทะลุทะลวงไม่เท่ากัน



รูป 1.5 ศักยภาพในการทะลุทะลวงวัสดุต่าง ๆ ของอนุภาคแอลฟา เบตาและแกมมา ตามลำดับ
(<http://www.mitrearth.org>)

โดยปกติในกรณีของดินในธรรมชาติ อนุภาคแกมมาจะมีความสามารถในการทะลุทะลวงได้ถึง 30 เซนติเมตร อนุภาคเบตาจะมีความสามารถในการทะลุทะลวงได้ในระยะ 3 เซนติเมตร ในขณะที่อนุภาคแอลฟาจะมีความสามารถในการทะลุทะลวงแค่ 0.3 มิลลิเมตรเท่านั้น ดังนั้น การประเมินจะพิจารณาเฉพาะดินหรือสิ่งแวดล้อมในรัศมี 30 เซนติเมตร โดยมีตัวอย่างที่ต้องการหาอายุเป็นจุดศูนย์กลาง ซึ่งอนุภาคแกมมาจะมีประสิทธิภาพการทะลุทะลวงได้ 100% ในรัศมี 30 เซนติเมตร ในขณะที่อนุภาคเบตาและแอลฟาจะถูกลดทอนประสิทธิภาพในการเป็นตัวกระตุ้นอิเล็กตรอน ไปตามขนาดของเม็ดตะกอนที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมนั้น ซึ่ง Aitken (1985) ได้นำเสนอสัมประสิทธิ์ของการลดทอนของอนุภาคเบตา (พจน์ a) และแอลฟา (พจน์ b) ที่สัมพันธ์กับขนาดของเม็ดตะกอนไว้ดังรูป



รูป 1.6 สัมประสิทธิ์การลดทอนแสดง (ก) ความสามารถในการทะลุทะลวงของเบตา (พจน์ a) (ข) ความสามารถในการทะลุทะลวงของแอลฟา (พจน์ b) ที่สัมพันธ์กับขนาดของเม็ดตะกอนที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม (Aitken, 1985) (<http://www.mitrearth.org>)

2) การลดทอนเพราะความชื้นที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อม

ความชื้นหรือปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในตัวอย่างดินในธรรมชาติ มีประสิทธิภาพการลดทอนที่แตกต่างกันในแต่ละอนุภาค ได้แก่ แอลฟา 50% เบตา 25% และแกมมา 14 % นอกจากนี้ยังมีรังสีบางส่วนที่ได้รับจากนอกโลกหรืออวกาศและสามารถกระตุ้นให้อิเล็กตรอนเข้าไปฝังอยู่ในหลุมกักเก็บอิเล็กตรอนได้เช่นกัน คือ รังสีคอสมิก (cosmic ray) โดยนักวิทยาศาสตร์เชื่อว่ารังสีดังกล่าวสามารถทะลุทะลวงชั้นดินลงไปได้ลึกประมาณ 15 เซนติเมตร ดังนั้นจึงถือว่าส่งผลน้อยเมื่อเทียบกับผลกระทบจากธาตุกัมมันตรังสีต่าง ๆ ที่กล่าวมาในข้างต้น

สมการอย่างง่ายของการคำนวณ อัตราการแผ่รังสีต่อปี หรือค่า AD ในหน่วย mGy/year แสดงดังนี้

$$AD = D\alpha + D\beta + D\gamma + DC$$

โดยที่

AD คือ Annual dose ทั้งหมด มีหน่วยเป็นมิลลิเกรย์ต่อปี (mGy/Year)

$D\alpha$ คือ Annual dose จากรังสีแอลฟา มีค่าเท่ากับ $\frac{a(2.783U+0.783Th)}{1+1.50W}$

$D\beta$ คือ Annual dose จากรังสีเบตา มีค่าเท่ากับ $\frac{b(0.1462U+0.0286Th+0.8303K)}{1+1.25W}$

$D\gamma$ คือ Annual dose จากรังสีแกมมา มีค่าเท่ากับ $\frac{(0.1148U+0.0514Th+0.2492K)}{1+1.14W}$

DC คือ Annual dose จากรังสีคอสมิก กำหนดให้มีค่าคงที่ เท่ากับ 0.15

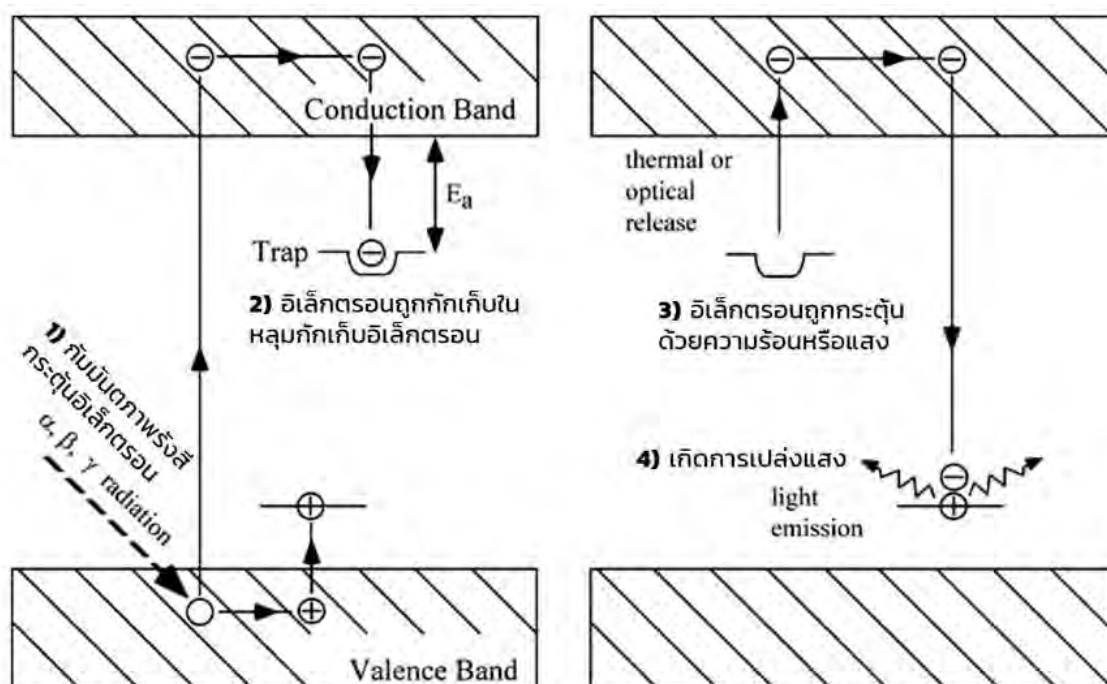
K คือ ปริมาณ Radionuclide ชนิดต่าง ๆ ที่โพแทสเซียม (K) ปลดปล่อยออกมา
 U คือ ปริมาณ Radionuclide ชนิดต่าง ๆ ที่ยูเรเนียม (U) ปลดปล่อยออกมา
 Th คือ ปริมาณ Radionuclide ชนิดต่าง ๆ ที่ทอเรียม (Th) ปลดปล่อยออกมา
 a และ b ขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดตะกอนหรือผลึกแร่ของตัวอย่างในส่วนของมาพิการณาค่า AD
 W คือ Water content ปริมาณน้ำหรือความชื้นคิดเป็นร้อยละที่อยู่ในช่องว่างของตะกอน
 โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$W = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างเปียก} - \text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}}$$

4) การคำนวณค่าปริมาณของอิเล็กตรอนที่สะสมในตัวอย่าง (Equivalent dose, ED)

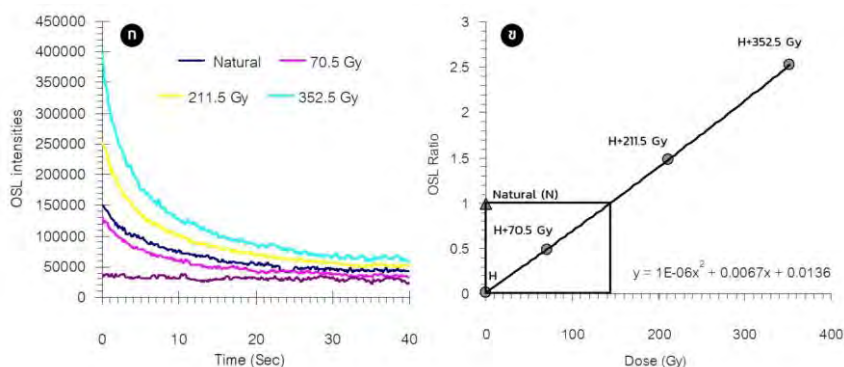
ภายหลังจากการทดลองหาปริมาณของอิเล็กตรอนที่สะสมในตัวตัวอย่างด้วยเครื่อง TL/OSL reader ค่าที่ได้จากเครื่องมือจะแสดงอยู่ในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากตัวอย่างในหน่วย count/sec กับอุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้นตัวอย่างในหน่วยองศาเซลเซียส ซึ่งเรียกกราฟนี้ว่า Glow curve โดยจะต้องนำกราฟดังกล่าวไปทำการแปลผลการทดลองให้อยู่ในรูป Growth curve เพื่อแปลผลปริมาณของอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้ให้มีหน่วยเป็นเกรย์ (Gy) ด้วยการใช้วิธี additive (Aitken, 1985) โดยการนำแร่วัตถุหลังการตรวจวัดปริมาณอิเล็กตรอนที่สะสมในตัวอย่างตามธรรมชาติไปทำการอบรังสีที่ทราบค่าในช่วงค่าต่าง ๆ ในหน่วยเกรย์ แล้วทำการวัดปริมาณอิเล็กตรอนที่สะสมในตัวตัวอย่างหลังการอบรังสีค่าต่าง ๆ ในหน่วยเกรย์ ซึ่งจะต้องทำอย่างน้อย 3 ค่าเพื่อสร้างกราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอิเล็กตรอนที่วัดได้จากตัวอย่างหลังอบรังสีแต่ละค่าในหน่วย count/sec กับปริมาณอิเล็กตรอนที่ใช้ในการอบรังสีแต่ละครั้งในหน่วยเกรย์ และนำกราฟเส้นตรงนี้ไปเทียบกับปริมาณอิเล็กตรอนที่สะสมในตัวอย่างตามธรรมชาติที่วัดได้เพื่อวิเคราะห์ค่า ED ในหน่วยเกรย์ต่อไป

5) หลักการเปล่งแสงจากวิธีการกระตุ้นด้วยแสง การเปล่งแสงจากวิธีกระตุ้นด้วยแสง (Optically Stimulated Luminescence, OSL เริ่มจากอิเล็กตรอนที่ถูกกักเก็บอยู่ในหลุมกักเก็บอิเล็กตรอน (electron trap) ถูกกระตุ้นด้วยแสงและตกไปที่ ศูนย์กลางการเปล่งแสง (luminescence center) ทำให้เกิด ปฏิกิริยาการรวมตัวใหม่ (recombination) และปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของโฟตอนหรือการเปล่งแสงขึ้น



รูป 1.7 รูปจำลองแสดงระดับพลังงานในระหว่างกระบวนการต่าง ๆ ของการเปล่งแสง (Aitken, 1985)
(<http://www.mitrearth.org>)

ความเข้มข้นของการเปล่งแสงจะสัมพันธ์กับจำนวนอิเล็กตรอนที่มีอยู่ในตัวอย่าง และสัญญาณการเปล่งแสงที่ตรวจวัดได้จะแสดงอยู่ในรูปความสัมพันธ์ของปริมาณการเปล่งแสงหรือปริมาณโฟตอน (แกนตั้ง) ที่ลดลงเรื่อย ๆ ตามเวลาของการถูกแสงกระตุ้น (แกนนอน) จนถึงระดับที่สัญญาณการเปล่งแสงนั้นมีค่าต่ำสุด (ค่าภูมิหลัง) เรียกกราฟความสัมพันธ์นี้ว่า กราฟ OSL decay curve (รูป ก) ซึ่งแตกต่างจากกราฟ TL glow curve ที่เกิดจากการให้ความร้อนแก่ตัวอย่างในแต่ละระดับอุณหภูมิ



รูป 1.8 (ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) และเวลาการอบแสงกระตุ้น และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากการเปล่งแสงด้วยวิธี OSL (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ในตัวอย่างและปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) (<http://www.mitrearth.org>)

6) หลักการทำงานของเครื่องมือ TL/OSL reader ธนีสรณ์ พุทธกาล (2017) ได้ระบุว่า ข้อมูลจากคู่มือการใช้เครื่อง TL/OSL reader การทำงานของเครื่องดังกล่าวประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนควบคุมความร้อน ส่วนกระตุ้นด้วยแสง ส่วนวัดปริมาณแสง ส่วนกรองแสงและส่วนออบรังสีเบตา

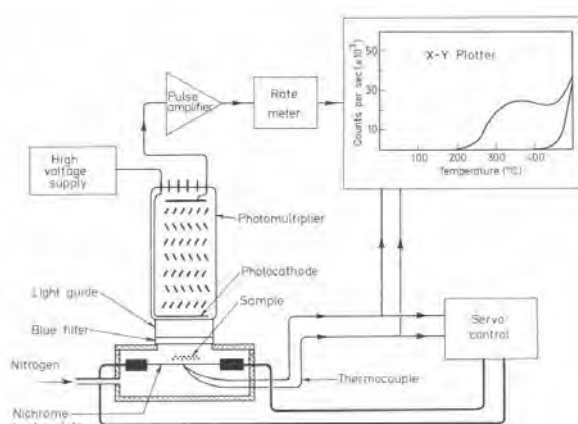
1) ส่วนควบคุมความร้อน (Heating unit) ใช้หลักการของการให้พลังงานกระแสไฟฟ้าไปยังตัวนำความร้อน (heater) เพื่อให้ความร้อนแก่แผ่นโลหะที่ใส่ตัวอย่าง (sample holder) ซึ่งแผ่นโลหะที่ใส่ตัวอย่างนั้น ส่วนใหญ่จะใช้เป็นโลหะจำพวกแผ่นโมลิบดีนัม (molybdenum) หรือแผ่นนิกเกิลโครเมียม (Ni-chrome) ความร้อนของแผ่นโลหะที่ใส่ตัวอย่างมีอัตราความร้อน 200 องศาเซลเซียสต่อ นาที และสามารถนำความร้อนได้สูงสุด 500 องศาเซลเซียส

2) ส่วนกระตุ้นด้วยแสง (Light stimulation) เป็นการสร้างแสงที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ ในช่วง Infrared Visible light และ Ultraviolet จากพลังงานไฟฟ้าด้วย Laser diode หรือ หลอด LED และฉายไปยังตัวอย่างเพื่อทำการกระตุ้น โดยมีส่วนขยายความเข้มของแสงที่วัดได้ เรียกว่า Photomultiplier

3) ส่วนวัดปริมาณแสง (Detection unit) เป็นส่วนที่ใช้วัดปริมาณของแสงที่เปล่งออกมาจากตัวอย่างหลังได้รับการกระตุ้น โดยสามารถวัดแสงในช่วงความยาวคลื่น 280-650 นาโนเมตร และสามารถบันทึกข้อมูล แสดงผลข้อมูลที่วัดได้ในแนวแกน Y ส่วนแกน X แสดงค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้นตัวอย่าง ซึ่งถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์และผลที่ได้คือกราฟเส้นที่เรียกว่า Glow curve

4) ส่วนกรองแสง (Filter wheel) โดยชุดเครื่องมือสามารถรวบรวมค่าแสงทั้งหมดที่เปล่งออกมาจากตัวอย่างได้ดี สามารถปรับให้มีการกรองแสงให้มีค่าความยาวคลื่นที่สนใจได้โดยอัตโนมัติ และสามารถตรวจจับการแทรกของแสงแปลกปลอมภายนอกที่เข้ามาปะปนในการทดลอง

5) ส่วนออบรังสีเบตา (Beta Irradiation unit) เป็นส่วนที่ใช้ในการออบรังสีที่ทราบค่าให้กับตัวอย่างเพื่อสร้างกราฟมาตรฐานสำหรับการเทียบปริมาณย้อนกลับไปยังค่าที่วัดได้เริ่มต้น



รูป 1.9 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่อง TL/OSL Reader

7) **ความถูกต้องแม่นยำของการหาอายุด้วยวิธีการเปล่งแสง** Takashima (1989) ทำการประเมินค่าความผิดพลาดในการหาอายุด้วยวิธีการเปล่งแสง พบว่าอายุจากการหาวิธีการเปล่งแสงนั้นขึ้นอยู่กับค่าความผิดพลาดจากการทดลองเพื่อหาค่า Annual Dose และ Equivalence Dose ซึ่งค่าความผิดพลาดที่เกิดจาก Annual Dose นั้น เกิดจากความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของตะกอนและปริมาณน้ำในตัวอย่างที่แปรเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อม โดยค่าความผิดพลาดที่เกิดจาก Annual Dose นั้นจะต้องมีค่าไม่เกิน 10% ส่วนค่าความผิดพลาดที่เกิดจาก Equivalence Dose นั้น เกิดจากเครื่องมือ TL/OSL Reader โดยมีค่าผิดพลาดไม่เกิน 15%

8) **ข้อจำกัดในการวิเคราะห์หาอายุของอิฐ** Colman et al. (1987) และ Colman and Pierce (2000) ได้ระบุถึงข้อจำกัดทางด้านอายุของตัวอย่างที่เหมาะสมในการหาอายุด้วยวิธีเปล่งแสงว่าอายุของตัวอย่างนั้นควรมีขอบเขตอยู่ในช่วงประมาณอายุ 1 ปี ถึง 100,000 ปี และ Jorge Sanjurjo-Sánchez (2016) ได้เสนอการวิเคราะห์ผลภายหลังการทดลองหาอายุอิฐด้วยวิธีเปล่งแสง ซึ่งจากการทดลองจะได้ค่าอายุเป็นตัวเลขที่แน่นอนออกมาหลังการทดลอง แต่ทั้งนี้จะต้องนำค่าที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจเกี่ยวข้องและส่งผลกระทบต่ออายุของอิฐ เช่น ความคลาดเคลื่อนจากตัวบุคคลในการเตรียมตัวอย่างและความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้อื่น ๆ ทางด้านประวัติศาสตร์ เช่น 1) การเกิดไฟไหม้ของอิฐในบริเวณนั้นหลังการก่อสร้างจะเป็นการปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกจากหลุมกักเก็บอิเล็กตรอน ทำให้ไม่สามารถตรวจวัดอายุจากการก่อสร้างแรกเริ่มได้ 2) การซ่อมแซมเพิ่มเติมหลังการก่อสร้างซึ่งสามารถให้อายุที่บิดเบือนอันเนื่องมาจากอิฐที่ใช้ต่อเติมนั้นเป็นอิฐที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ภายหลัง และ 3) การนำอิฐกลับมาใช้ใหม่จากแหล่งอื่นหรือจากการอพยพย้ายเมือง เป็นต้น

1.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหาอายุด้วยวิธีการเปล่งแสง

ธนีสรณ์ พุทธกาล (2017) ได้ทำการศึกษาตัวอย่างอิฐของกำแพงเมืองสงขลาทั้งสิ้น 2 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างอิฐที่วางตัวบนขอบกำแพงหิน ตัวอย่างที่ 1 (SK1-1) และตัวอย่างอิฐที่วางตัวแนบผนังด้านในของกำแพงหิน ตัวอย่างที่ 1 (SK2-1) ทำการเตรียมตัวอย่างเพื่อทดลองหาค่า ED และ AD ด้วยเครื่อง TL/OSL reader และ Gamma-ray spectrometer ตามลำดับ ทั้งนี้ได้ทำการทดลองหาค่า ED จาก 2 แหล่ง ได้แก่ ห้องปฏิบัติการของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) และห้องปฏิบัติการของภาควิชาธรณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยไฟร์บวร์ก สหพันธ์สาธารณรัฐ นำผลการทดลองทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าตัวอย่างอิฐ SK1-1 มีอายุ 120-141 ปีก่อนปัจจุบันและตัวอย่างอิฐ SK2-1 มีอายุ 151-173 ปีก่อนปัจจุบัน

พงษ์ภัทร ชื่นอร่ามรุ่งเรือง (2018) ได้ทำการศึกษาตัวอย่างอิฐจากแหล่งโบราณคดีบ้านท่าไต้ะ จังหวัดกาญจนบุรี และโบราณสถาน วัดกระเจี พระราชวังโบราณฝ่ายในและพระที่นั่งสุริยาสน์อมรินทร์ อุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา เพื่อกำหนดอายุอิฐ อธิบายถึงความแตกต่างทางกายภาพของ

อิฐและบอกลสภาพแวดล้อมบรรพกาล ณ เวลาที่ก้อนอิฐเผา โดยสรุปลักษณะและสภาพแวดล้อมการตั้งถิ่นฐานของชุมชนโบราณบ้านท่าโป๊ะว่าอยู่บริเวณริมแม่น้ำ และสนับสนุนสมมติฐานการเปลี่ยนรสนิยมใช้อิฐหนา 3 cm ไปเป็น 6 cm ในสมัยอยุธยาตอนกลางและตอนปลาย

Bailiff (2007) ได้ทำการทดลองหาอายุอิฐด้วยวิธีการเปล่งแสง ซึ่งเก็บตัวอย่างอิฐมาจากกลุ่มอาคาร 7 แห่ง ที่สร้างขึ้นในตอนปลายของยุคกลาง ซึ่งมีอายุตั้งแต่ คริสต์ศักราช 1390 ถึง คริสต์ศักราช 1740 พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองหาอายุนั้นมีค่าที่แตกต่างจากค่าอายุที่ได้จากการศึกษาข้อมูลทางประวัติศาสตร์ 5 ± 10 ปี ผลจากการศึกษา ทำให้สนับสนุนวิธีการนี้เพื่อใช้หาอายุอิฐที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอาคาร โบราณสถานหรือพื้นที่อื่น ๆ ทั่วโลก

Pailoplee et al. (2010) ได้ทำการทดลองหาอายุอิฐด้วยวิธีการเปล่งแสงจากโบราณสถานทุ่งตึกซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณตอนล่างของเกาะคอเขา อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา โดยทดลองวัดหาปริมาณธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติที่มีอยู่ในตัวอย่าง ได้แก่ โพแทสเซียม (K) ยูเรเนียม (U) และทอเรียม (Th) โดยใช้เครื่อง Gamma-ray spectrometer ซึ่งเป็นขั้นตอนในการคำนวณ AD และทำการทดลองเตรียมตัวอย่างเพื่อหาค่า ED พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองหาอายุนั้นมีค่าที่แตกต่างจากค่าอายุที่ได้จากการศึกษาอยู่ 2 ช่วงอายุ คือ 840-1,500 ปีก่อนปัจจุบัน และ 2,800 ปีก่อนปัจจุบัน โดยช่วงอายุที่อ่อนกว่านั้นสอดคล้องกับรายงานการขุดค้นขุดแต่งของโบราณสถานที่อยู่ในช่วงอายุ 1,000-1,300 ปีก่อนปัจจุบัน และช่วงอายุที่แก่กว่านั้นอาจเป็นผลมาจากการเผาอิฐที่ไม่สมบูรณ์จึงคาดว่าอาจจะมีการแปรปรวนเกิดขึ้นในการทำการทดลอง ดังนั้น สรุปได้ว่าอิฐจากโบราณสถานทุ่งตึกมีอายุในช่วง 840-1500 ปีก่อนปัจจุบัน

Frankel et al. (2015) ได้เก็บตัวอย่างตะกอนบริเวณ Black Mountains Fault Zone, Death Valley ในจากนั้นขัดส่วนของผิวหน้าออกเนื่องจากต้องการส่วนที่ยังไม่โดนแสงไปหาค่า ED ส่วนการจัดเตรียมตัวอย่างสามารถทำได้โดยนำตัวอย่างไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50°C บดและแยกตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งส่งไปยังโรงปฏิบัติการนิวเคลียร์การสำรวจทางธรณีวิทยาของสหรัฐอเมริกาในเดนเวอร์ สำหรับการวิเคราะห์หาค่า AD ซึ่งอ้างอิงจาก Budahn และ Wandless (2002) และอีกส่วนหนึ่งใช้ในขั้นตอนหาค่า ED ซึ่งจำเป็นต้องเตรียมตัวอย่างควอตซ์เพื่อให้ได้ควอตซ์บริสุทธิ์โดยการชะล้างในสารละลาย HCl ความเข้มข้น 10% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 30% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สารละลาย HF 10% เป็นเวลา 20 นาที สารละลาย HF ความเข้มข้น 49% เป็นเวลา 40 นาทีและสารละลาย HCl ความเข้มข้น 10% เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ตามลำดับ หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่ได้เข้าเครื่อง TL/OSL reader เพื่อหาค่า ED ต่อไป

บทที่ 2

วิธีการทดลอง

2.1 การเก็บตัวอย่างอิฐ

นิสิตผู้จัดทำโครงการได้ทำการออกภาคสนาม เพื่อทำการเก็บตัวอย่างอิฐ ณ ปราสาทใบแบก จังหวัดบุรีรัมย์ โดยเก็บตัวอย่างอิฐมาทั้งสิ้น 4 ตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่าง BB01 BB02 BB03 และ BB04 หลังจากนั้นทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาค่า ED และ AD นำผลที่ได้มาคำนวณหาอายุต่อไป



รูป 2.1 ตัวอย่างอิฐ 4 ตัวอย่าง จากปราสาทใบแบก จังหวัดบุรีรัมย์









2.2 การเตรียมตัวอย่างและการทดลอง

นำอิฐทั้งหมดมาทำการตัดในแนวด้านกว้างของอิฐด้วยเครื่องตัดหินเจียร์ โดยให้ตัวอย่างที่ถูกตัดออกมามีความหนาประมาณ 5 เซนติเมตร เพื่อนำไปหาค่า AD ส่วนตัวอย่างที่เหลือนำไปหาค่า ED ต่อไป



รูป 2.2 ตัวอย่างอิฐที่ถูกตัดในแนวด้านกว้างด้วยเครื่องตัดหินเจียร์

ตาราง 2.1 ตารางแสดงข้อมูลและภาพของตัวอย่างก่อนตัดและหลังตัดตัวอย่าง BB01 BB02 BB03 และ BB04

ตัวอย่าง	ภาพตัวอย่างก่อนตัด	ภาพตัวอย่างหลังตัด
BB01		
BB02		
BB03		
BB04		

2.2.1 การเตรียมตัวอย่างและการทดลองสำหรับการหาค่า AD

ในทางปฏิบัติ การลดทอนของอัตราการแผ่รังสีต่อปี ต้องนำมาพิจารณาในการประเมินค่า AD ด้วย โดยมีอยู่ 2 ปัจจัยคือ

- 1) การลดทอนสัญญาณเพราะขนาดของเม็ดตะกอนหรือผลึกแร่ โดยจะต้องพิจารณาเฉพาะดินหรือสิ่งแฉะล่อมในรัศมี 30 เซนติเมตร โดยมีตัวอย่างที่ต้องการหาอายุเป็นจุดศูนย์กลาง
- 2) การลดทอนปริมาณน้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในดิน โดยจะต้องใช้ค่าร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง ประกอบการหาค่า AD

การคำนวณหาร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง (Water content, W) สามารถคำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$W = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างเปียก} - \text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}}$$



รูป 2.3 ตัวอย่างอิฐที่ได้รับการบดถูกบรรจุในกระปุกพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร

หลังจากนั้นนำกระปุกไปทำการทดลองเพื่อวัดปริมาณธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติที่มีอยู่ในตัวอย่าง ได้แก่ โพแทสเซียม (K) ยูเรเนียม (U) และทอเรียม (Th) โดยใช้เครื่อง Gamma-ray spectrometer จากนั้นวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสีดังกล่าวจากกราฟ และนำค่าความเข้มข้นที่ได้ประกอบกับค่าร้อยละปริมาณน้ำในตัวอย่าง คำนวณหาค่า AD ต่อไป

2.2.2 การเตรียมตัวอย่างและการทดลองสำหรับการหาค่า ED

เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณอิเล็กตรอนที่สะสมตัวในตัวอย่างโดยใช้การวิเคราะห์จาดเม็ดแร่ควอตซ์ ซึ่งทำการทดลองในห้องมืด โดยใช้แสงสีแดงซึ่งเป็นแสงที่มีพลังงานต่ำ โดยนำชิ้นส่วนอิฐที่เหลือจากการตัดด้วยเครื่องหินเจียร มาทำการขัดผิวออกประมาณ 1-2 มิลลิเมตร (Feathers, 2003) สกัดด้วยลิมและค้อนให้มีขนาดเล็กลง แล้วนำไปบดด้วยครกเหล็กให้ละเอียด



รูป 2.4 บรรยากาศและอุปกรณ์ในการเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ทดลองหาค่า ED

จากนั้นนำไปร่อนผ่านตะแกรงให้ได้ขนาดระหว่าง 74-250 ไมโครเมตร (ตัวอย่างที่ใช้จะร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 60 และค้ำงอยู่บนตะแกรงเบอร์ 200) นำตัวอย่างไปใส่สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 10% ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นล้างตัวอย่างประมาณ 3-5 ครั้งด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปใส่ในสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ความเข้มข้น 10% ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นล้างตัวอย่างประมาณ 3-5 ครั้งด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปใส่ในสารละลายกรดไฮโดรฟลูออริก (HF) ความเข้มข้น 37% เป็นเวลา 40 นาที จากนั้นล้างตัวอย่างประมาณ 3-5 ครั้งด้วยน้ำกลั่น นำไปใส่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 37% เป็นเวลา 40 นาที จากนั้นล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น 3-5 ครั้ง และนำตัวอย่างไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่แห้งไปผ่านเครื่อง Magnetic Separator โดยตั้งค่าให้มีค่า Vibrator สูงสุด และใช้กระแสไฟฟ้าในการแยกแร่โลหะ 1.8 A จนได้แร่ควอตซ์บริสุทธิ์ จากนั้นนำแร่ควอตซ์ที่ได้ไปทำการ

ทดลองหาค่า ED และหาสัญญาณเปรียบเทียบจากการอาบรังสีที่ทราบค่า ด้วยเครื่อง TL/OSL reader เพื่อเปรียบเทียบและวิเคราะห์ค่าปริมาณอิเล็กตรอนที่สะสมในตัวอย่างในหน่วย เกรย์ (Gy) วิเคราะห์ตัวอย่างละ 6 ซ้ำ บันทึกผลการทดลองทั้งในรูปแบบ Glow curve และ Growth curve นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่า ED ต่อไป (วิธีการทดลองดัดแปลงมาจาก Takashima (1994), Bailiff (2007) และ Frankel et al (2015) โดยทุกขั้นตอนต้องอยู่ในที่มืดหรือแสงสีแดงเท่านั้น)



รูป 2.5 แสดงเครื่องมือ TL/OSL reader ของภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 ผลการหาร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง (Water content, W)

ตาราง 3.1 แสดงผลการหาค่าร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง (Water content, W)

ชื่อตัวอย่าง	BB01	BB02	BB03	BB04
น้ำหนักภาชนะ(กรัม)	27.92	28.10	28.26	27.47
น้ำหนักภาชนะ + น้ำหนักตัวอย่างเปียก (กรัม)	53.15	47.59	46.95	46.53
น้ำหนักภาชนะ + น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)	52.32	47.21	46.27	45.89
น้ำหนักตัวอย่างเปียก (กรัม)	25.23	19.48	18.69	19.05
น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)	24.40	19.11	18.00	18.42
ร้อยละของปริมาณน้ำในตัวอย่าง (%)	0.03	0.02	0.04	0.04

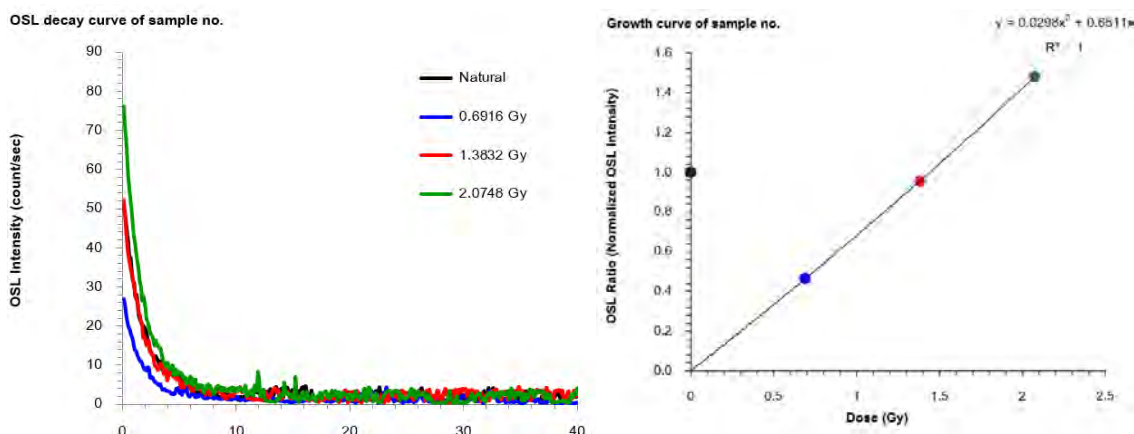
จากผลการทดลอง พบว่า ค่า W ของตัวอย่าง BB03 มีค่ามากที่สุดและ BB02 มีค่าน้อยที่สุด สันนิษฐานว่าตัวอย่าง BB03 อาจตั้งอยู่ในบริเวณที่มีตะกอนที่สามารถกักเก็บน้ำได้ดีกว่า BB02 และตัวอย่างอื่น ๆ ส่วน BB02 อาจตั้งอยู่ในบริเวณที่ได้รับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรง จึงทำให้น้ำเกิดการระเหยออกไปได้มากกว่า

3.2 ผลการหาปริมาณของอิเล็กตรอนที่สะสมในตัวอย่าง (Equivalent dose, ED)

จากการทดลองนำตัวอย่างแร่ควอตซ์ที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างทั้งสิ้น 4 ตัวอย่าง คือ BB01 BB02 BB03 และ BB04 ได้ทำการทดลองเพื่อหาค่า ED ด้วยเครื่อง TL/OSL reader ที่ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ผลของค่า ED มาทั้งหมด 4 ชุด ดังนี้

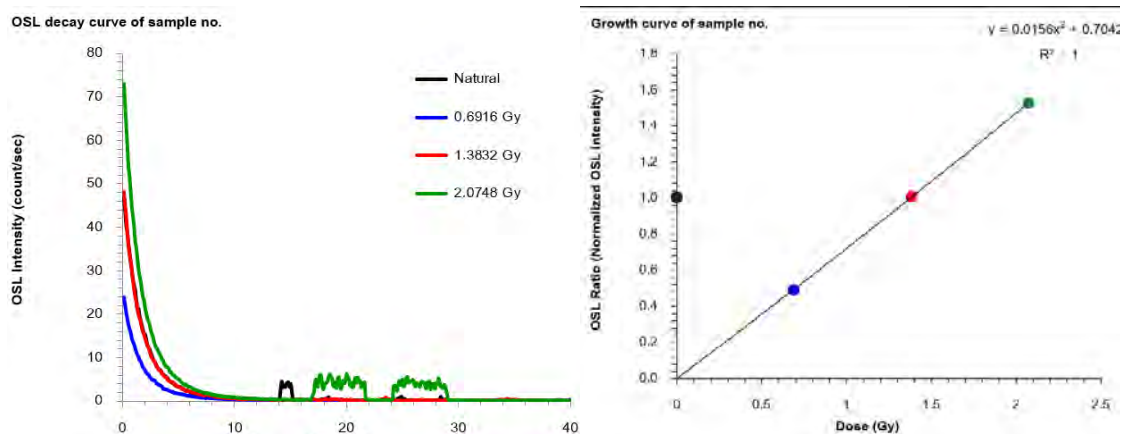
1) ผลการหาค่า ED ของตัวอย่างอิฐ BB01

หลังจากทำการทดลองเพื่อหาค่า ED ด้วยเครื่อง TL/OSL Reader ของตัวอย่าง BB01 ในการทดลองครั้งที่ 1 นั้น ได้ผลแสดงดังรูป 3.1 จากรูป 3.1 (ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) และเวลาการอบแสงกระตุ้น ซึ่งแต่ละตัวอย่างนั้นมีความสอดคล้องกับปริมาณรังสีที่อาบมา โดยเมื่อเวลาผ่านไปพร้อมกับปริมาณรังสีที่อาบนั้นก็มีค่ามากขึ้น จำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) ก็จะมีค่าลดลงไปเรื่อย ๆ และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากการเปล่งแสงด้วยวิธี OSL (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ในตัวอย่างและปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการาฟที่ได้นั้นตรงกับทฤษฎีของ OSL โดยมีลักษณะเดียวกันกับกราฟของรูป 1.8 ทั้งซ้ายและขวา จึงถือว่ามีแนวโน้มเชื่อถือ และสามารถคำนวณหาค่า ED ต่อไป



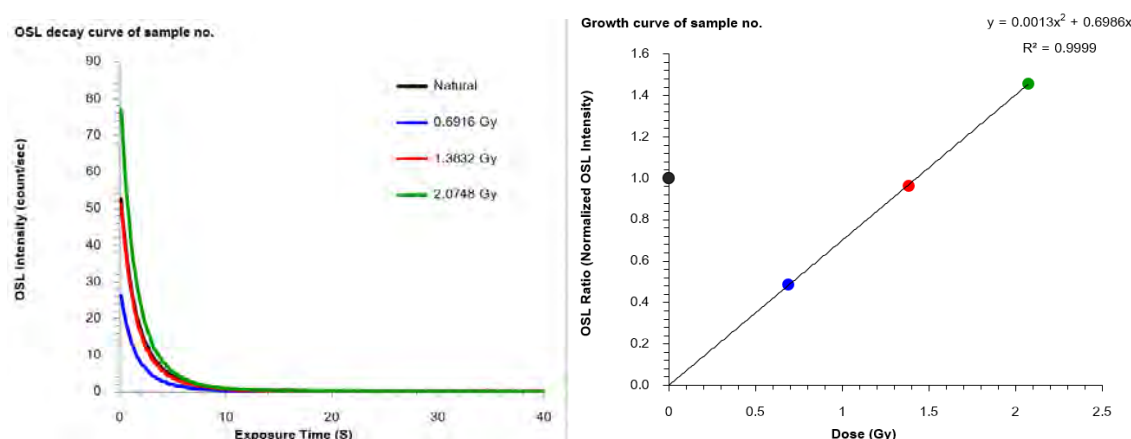
รูป 3.1 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB01 ในการทดลองครั้งที่ 1 (BB01_01)

หลังจากทำการทดลองเพื่อหาค่า ED ด้วยเครื่อง TL/OSL Reader ของตัวอย่าง BB01 ในการทดลองครั้งที่ 2 นั้น ได้ผลแสดงดังรูป 3.2 จากรูป 3.2 (ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) และเวลาการอบแสงกระตุ้น ซึ่งแต่ละตัวอย่างนั้นมีความสอดคล้องกับปริมาณรังสีที่อาบมา โดยเมื่อเวลาผ่านไปพร้อมกับปริมาณรังสีที่อาบนั้นมีค่ามากขึ้น จำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) ก็จะมีค่าลดลงไปเรื่อย ๆ จะเห็นได้ว่าตั้งแต่ 15 วินาทีเป็นต้นไปนั้น กราฟที่ได้มีความแปรปรวนสูง นิสิตผู้จัดทำโครงการได้เลือกข้อมูลจากเวลา 0-15 วินาที ที่เหมาะสมสำหรับการหาค่า ED และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากการเปล่งแสงด้วยวิธี OSL (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ในตัวอย่างและปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้นั้นตรงกับทฤษฎีของ OSL โดยมีลักษณะเดียวกันกับกราฟของรูป 1.8 ทั้งซ้ายและขวา จึงถือว่ามีความน่าเชื่อถือ และสามารถคำนวณหาค่า ED ต่อไป



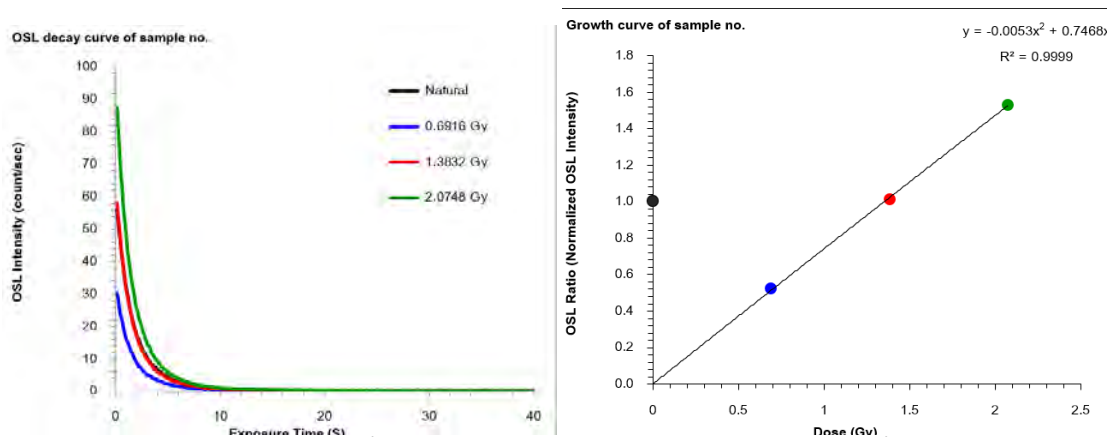
รูป 3.2 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB01 ในการทดลองครั้งที่ 2 (BB01_02)

หลังจากทำการทดลองเพื่อหาค่า ED ด้วยเครื่อง TL/OSL Reader ของตัวอย่าง BB01 ในการทดลองครั้งที่ 3 นั้น ได้ผลแสดงดังรูป 3.3 จากรูป 3.3 (ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) และเวลาการอบแสงกระตุ้น ซึ่งแต่ละตัวอย่างนั้นมีความสอดคล้องกับปริมาณรังสีที่อบมา โดยเมื่อเวลาผ่านไปพร้อมกับปริมาณรังสีที่อบนั้นมีค่ามากขึ้น จำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) ก็จะมีค่าลดลงไปเรื่อย ๆ และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากการเปล่งแสงด้วยวิธี OSL (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ในตัวอย่างและปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้นั้นตรงกับทฤษฎีของ OSL โดยมีลักษณะเดียวกันกับกราฟของรูป 1.8 ทั้งซ้ายและขวา จึงถือว่ามีแนวโน้มเชื่อถือ และสามารถคำนวณหาค่า ED ต่อไป



รูป 3.3 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB01 ในการทดลองครั้งที่ 3 (BB01_03)

หลังจากทำการทดลองเพื่อหาค่า ED ด้วยเครื่อง TL/OSL Reader ของตัวอย่าง BB01 ในการทดลองครั้งที่ 4 นั้น ได้ผลแสดงดังรูป 3.4 จากรูป 3.4 (ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) และเวลาการอบแสงกระตุ้น ซึ่งแต่ละตัวอย่างนั้นมีความสอดคล้องกับปริมาณรังสีที่อาบมา โดยเมื่อเวลาผ่านไปพร้อมกับปริมาณรังสีที่อาบนั้นมีความมากขึ้น จำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) ก็จะมีค่าลดลงไปเรื่อย ๆ และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากการเปล่งแสงด้วยวิธี OSL (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ในตัวอย่างและปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้นั้นตรงกับทฤษฎีของ OSL โดยมีลักษณะเดียวกันกับกราฟของรูป 1.8 ทั้งซ้ายและขวา จึงถือว่ามีแนวโน้มเชื่อถือ และสามารถคำนวณหาค่า ED ต่อไป



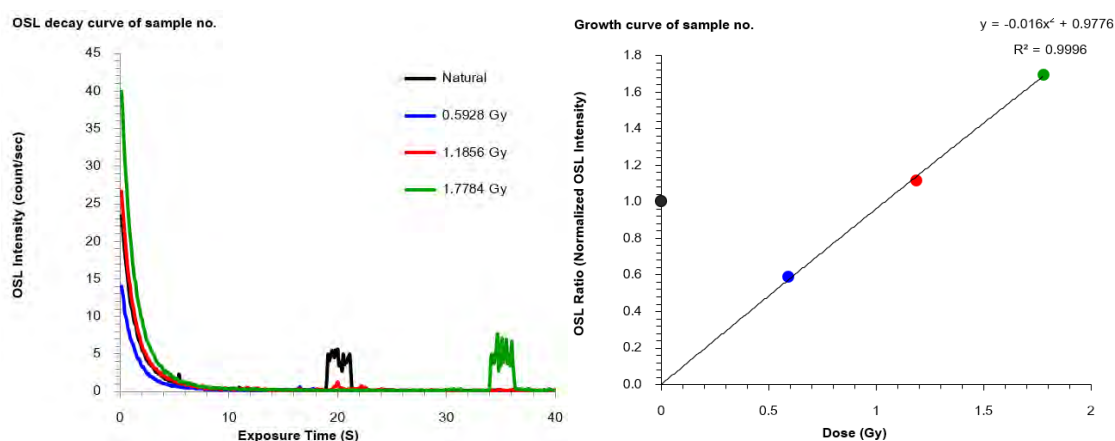
รูป 3.4 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB01 ในการทดลองครั้งที่ 4 (BB01_04)

ตาราง 3.2 แสดงผลการหาค่า Equivalent dose (ED) ของตัวอย่างอิฐ BB01

ชื่อตัวอย่าง	ED (Gy)	ED Error (Gy)	ED Error (%)
BB01_01	1.44	0.01	0.46
BB01_02	1.38	0.01	0.67
BB01_03	1.43	0.01	0.74
BB01_04	1.35	0.02	1.12

2) ผลการหาค่า Equivalent dose (ED) ของตัวอย่างอิฐ BB02

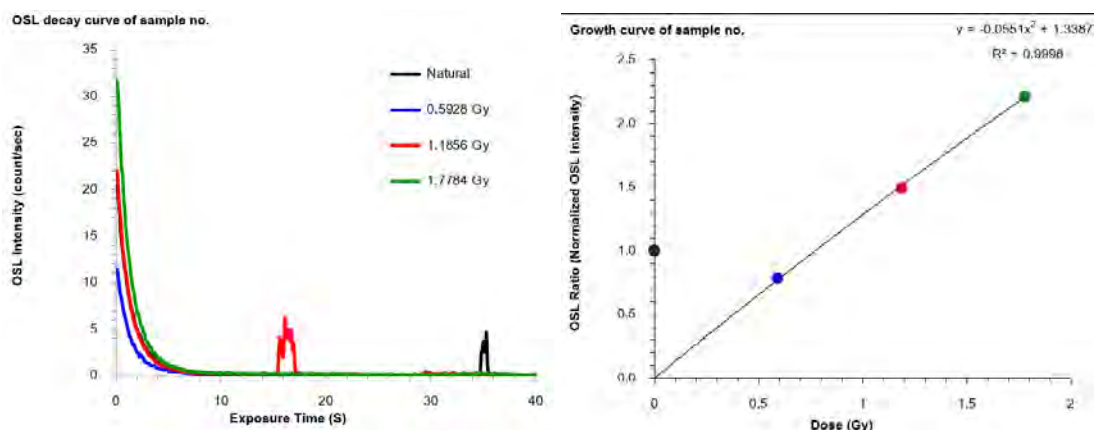
หลังจากทำการทดลองเพื่อหาค่า ED ด้วยเครื่อง TL/OSL Reader ของตัวอย่าง BB02 ในการทดลองครั้งที่ 1 นั้น ได้ผลแสดงดังรูป 3.5 จากรูป 3.5 (ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) และเวลาการอบแสงกระตุ้น ซึ่งแต่ละตัวอย่างนั้นมีความสอดคล้องกับปริมาณรังสีที่อบมา โดยเมื่อเวลาผ่านไปพร้อมกับปริมาณรังสีที่อบนั้นมีความมากขึ้น จำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) ก็จะมีค่าลดลงไปเรื่อย ๆ จะเห็นได้ว่าตั้งแต่ 15 วินาทีเป็นต้นไปนั้น กราฟที่ได้มีความแปรปรวนสูง นิสิตผู้จัดทำโครงการนี้ได้เลือกข้อมูลจากเวลา 0-15 วินาที ที่เหมาะสมสำหรับการหาค่า ED และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากการเปล่งแสงด้วยวิธี OSL (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ในตัวอย่างและปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้นั้นตรงกับทฤษฎีของ OSL โดยมีลักษณะเดียวกันกับกราฟของรูป 1.8 ทั้งซ้ายและขวา จึงถือว่ามีความน่าเชื่อถือ และสามารถคำนวณหาค่า ED ต่อไป



รูป 3.5 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB02 ในการทดลองครั้งที่ 1 (BB02_01)

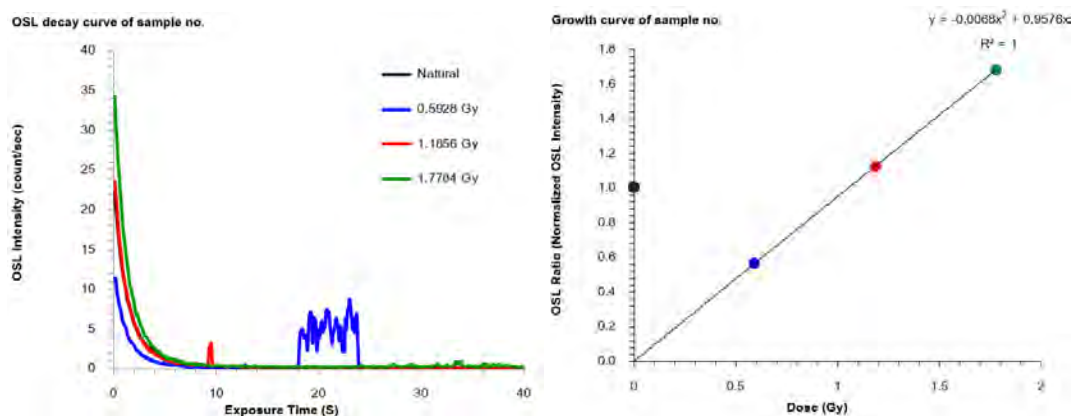
หลังจากทำการทดลองเพื่อหาค่า ED ด้วยเครื่อง TL/OSL Reader ของตัวอย่าง BB02 ในการทดลองครั้งที่ 2 นั้น ได้ผลแสดงดังรูป 3.6 จากรูป 3.6 (ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) และเวลาการอบแสงกระตุ้น ซึ่งแต่ละตัวอย่างนั้นมีความสอดคล้องกับปริมาณรังสีที่อบมา โดยเมื่อเวลาผ่านไปพร้อมกับปริมาณรังสีที่อบนั้นมีความมากขึ้น จำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) ก็จะมีค่าลดลงไปเรื่อย ๆ จะเห็นได้ว่าตั้งแต่ 15 วินาทีเป็นต้นไปนั้น กราฟที่ได้มีความแปรปรวนสูง นิสิตผู้จัดทำโครงการนี้ได้เลือกข้อมูลจากเวลา 0-15 วินาที ที่เหมาะสมสำหรับการหาค่า ED และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากการเปล่งแสงด้วยวิธี OSL (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ใน

ตัวอย่างและปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้นั้นตรงกับทฤษฎีของ OSL โดยมีลักษณะเดียวกันกับกราฟของรูป 1.8 ทั้งซ้ายและขวา จึงถือว่ามีแนวโน้มเชื่อถือ และสามารถคำนวณหาค่า ED ต่อไป



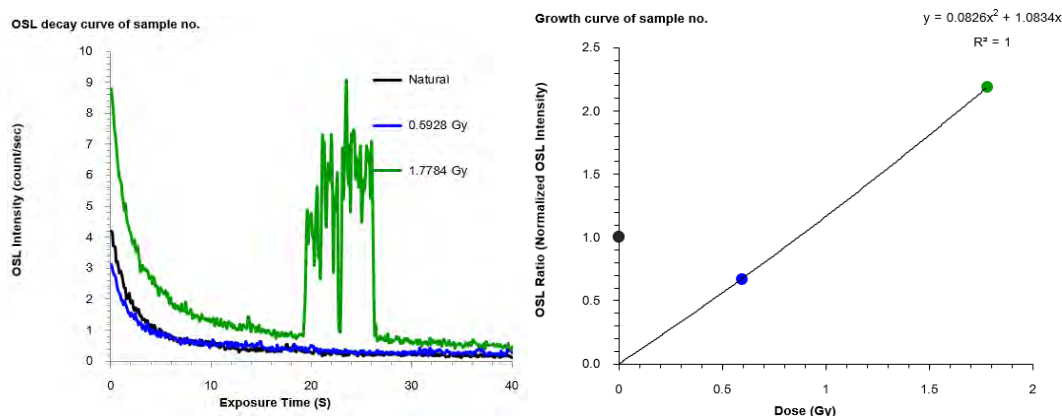
รูป 3.6 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB02 ในการทดลองครั้งที่ 2 (BB02_02)

หลังจากทำการทดลองเพื่อหาค่า ED ด้วยเครื่อง TL/OSL Reader ของตัวอย่าง BB02 ในการทดลองครั้งที่ 3 นั้น ได้ผลแสดงดังรูป 3.7 จากรูป 3.7 (ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) และเวลาการอบแสงกระตุ้น ซึ่งแต่ละตัวอย่างนั้นมีความสอดคล้องกับปริมาณรังสีที่อบมา โดยเมื่อเวลาผ่านไปพร้อมกับปริมาณรังสีที่อบนั้นมีค่ามากขึ้น จำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) ก็จะมีค่าลดลงไปเรื่อย ๆ จะเห็นได้ว่าตั้งแต่ 15 วินาทีเป็นต้นไปนั้น กราฟที่ได้มีความแปรปรวนสูง นิสิตผู้จัดทำโครงการได้เลือกข้อมูลจากเวลา 0-15 วินาที ที่เหมาะสมสำหรับการหาค่า ED และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากการเปล่งแสงด้วยวิธี OSL (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ในตัวอย่างและปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้นั้นตรงกับทฤษฎีของ OSL โดยมีลักษณะเดียวกันกับกราฟของรูป 1.8 ทั้งซ้ายและขวา จึงถือว่ามีแนวโน้มเชื่อถือ และสามารถคำนวณหาค่า ED ต่อไป



รูป 3.7 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB02 ในการทดลองครั้งที่ 3 (BB02_03)

หลังจากทำการทดลองเพื่อหาค่า ED ด้วยเครื่อง TL/OSL Reader ของตัวอย่าง BB02 ในการทดลองครั้งที่ 4 นั้น ได้ผลแสดงดังรูป 3.8 จากรูป 3.8 (ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) และเวลาการอบแสงกระตุ้น ซึ่งแต่ละตัวอย่างนั้นมีความสอดคล้องกับปริมาณรังสีที่อาบมา โดยเมื่อเวลาผ่านไปพร้อมกับปริมาณรังสีที่อาบนั้นมีค่ามากขึ้น จำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) ก็จะมีค่าลดลงไปเรื่อย ๆ จะเห็นได้ว่าตั้งแต่ 15 วินาทีเป็นต้นไปนั้น กราฟที่ได้มีความแปรปรวนสูง นิสิตผู้จัดทำโครงการได้เลือกข้อมูลจากเวลา 0-15 วินาที ที่เหมาะสมสำหรับการหาค่า ED และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากการเปล่งแสงด้วยวิธี OSL (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ในตัวอย่างและปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้นั้นตรงกับทฤษฎีของ OSL โดยมีลักษณะเดียวกันกับกราฟของรูป 1.8 ทั้งซ้ายและขวา จึงถือว่ามีที่น่าเชื่อถือ และสามารถคำนวณหาค่า ED ต่อไป



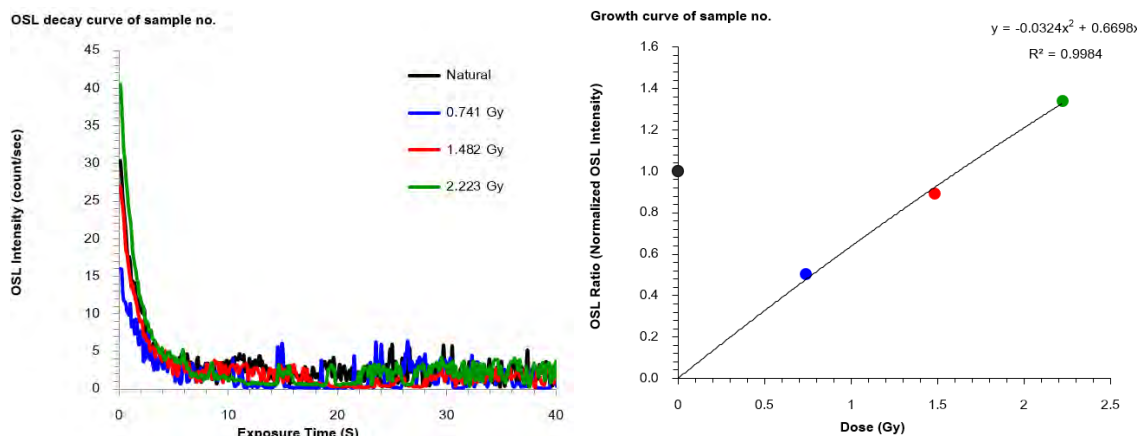
รูป 3.8 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB02 ในการทดลองครั้งที่ 4 (BB02_04)

ตาราง 3.3 แสดงผลการหาค่า Equivalent dose (ED) ของตัวอย่างอิฐ BB02

ชื่อตัวอย่าง	ED (Gy)	ED Error (Gy)	ED Error (%)
BB02_01	1.04	0.02	2.00
BB02_02	0.77	0.01	1.16
BB02_03	1.05	0.00	0.00
BB02_04	0.87	0.00	0.00

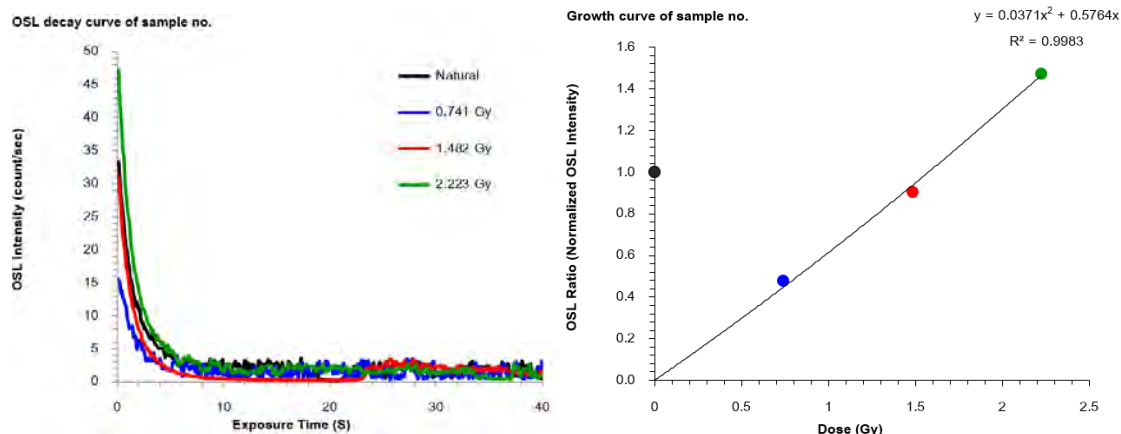
3) ผลการหาค่า Equivalent dose (ED) ของตัวอย่างอิฐ BB03

หลังจากทำการทดลองเพื่อหาค่า ED ด้วยเครื่อง TL/OSL Reader ของตัวอย่าง BB03 ในการทดลองครั้งที่ 1 นั้น ได้ผลแสดงดังรูป 3.9 จากรูป 3.9 (ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) และเวลาการอบแสงกระตุ้น ซึ่งแต่ละตัวอย่างนั้นมีความสอดคล้องกับปริมาณรังสีที่อาบมา โดยเมื่อเวลาผ่านไปพร้อมกับปริมาณรังสีที่อาบนั้นก็มีค่ามากขึ้น จำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) ก็จะมีค่าลดลงไปเรื่อย ๆ จะเห็นได้ว่าตั้งแต่ 15 วินาทีเป็นต้นไปนั้น กราฟที่ได้มีความแปรปรวนสูง นิสิตผู้จัดทำโครงการได้เลือกข้อมูลจากเวลา 0-15 วินาที ที่เหมาะสมสำหรับการหาค่า ED และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากการเปล่งแสงด้วยวิธี OSL (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ในตัวอย่างและปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้นั้นตรงกับทฤษฎีของ OSL โดยมีลักษณะเดียวกันกับกราฟของรูป 1.8 ทั้งซ้ายและขวา จึงถือว่ามีที่น่าเชื่อถือ และสามารถคำนวณหาค่า ED ต่อไป



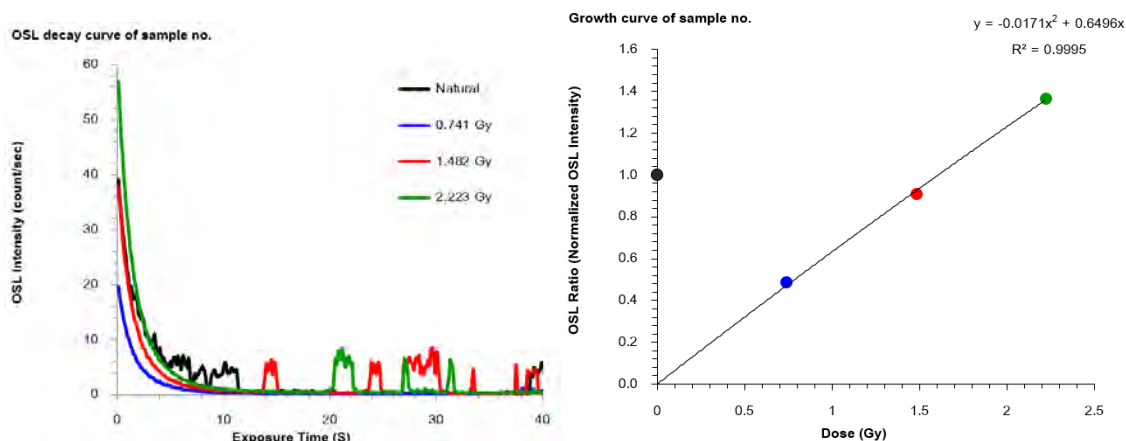
รูป 3.9 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB03 ในการทดลองครั้งที่ 1 (BB03_01)

หลังจากทำการทดลองเพื่อหาค่า ED ด้วยเครื่อง TL/OSL Reader ของตัวอย่าง BB03 ในการทดลองครั้งที่ 2 นั้น ได้ผลแสดงดังรูป 3.10 จากรูป 3.10 (ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) และเวลาการอบแสงกระตุ้น ซึ่งแต่ละตัวอย่างนั้นมีความสอดคล้องกับปริมาณรังสีที่อาบมา โดยเมื่อเวลาผ่านไปพร้อมกับปริมาณรังสีที่อาบนั้นมีความมากขึ้น จำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) ก็จะมีค่าลดลงไปเรื่อย ๆ จะเห็นได้ว่าตั้งแต่ 15 วินาทีเป็นต้นไปนั้น กราฟที่ได้มีความแปรปรวนสูง นิสิตผู้จัดทำโครงการนี้ได้เลือกข้อมูลจากเวลา 0-15 วินาที ที่เหมาะสมสำหรับการหาค่า ED และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากการเปล่งแสงด้วยวิธี OSL (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ในตัวอย่างและปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้นั้นตรงกับทฤษฎีของ OSL โดยมีลักษณะเดียวกันกับกราฟของรูป 1.8 ทั้งซ้ายและขวา จึงถือว่ามีที่น่าเชื่อถือ และสามารถคำนวณหาค่า ED ต่อไป



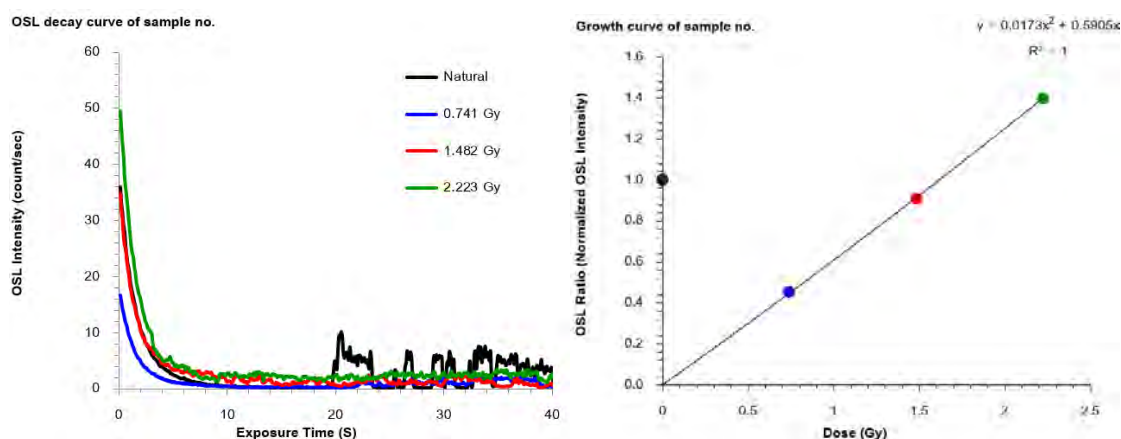
รูป 3.10 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB03 ในการทดลองครั้งที่ 2 (BB03_02)

หลังจากทำการทดลองเพื่อหาค่า ED ด้วยเครื่อง TL/OSL Reader ของตัวอย่าง BB03 ในการทดลองครั้งที่ 3 นั้น ได้ผลแสดงดังรูป 3.11 จากรูป 3.11 (ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) และเวลาการอบแสงกระตุ้น ซึ่งแต่ละตัวอย่างนั้นมีความสอดคล้องกับปริมาณรังสีที่อาบมา โดยเมื่อเวลาผ่านไปพร้อมกับปริมาณรังสีที่อาบนั้นมีค่ามากขึ้น จำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) ก็จะมีค่าลดลงไปเรื่อย ๆ จะเห็นได้ว่าตั้งแต่ 15 วินาทีเป็นต้นไปนั้น กราฟที่ได้มีความแปรปรวนสูง นิสิตผู้จัดทำโครงการนี้ได้เลือกข้อมูลจากเวลา 0-15 วินาที ที่เหมาะสมสำหรับการหาค่า ED และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากการเปล่งแสงด้วยวิธี OSL (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ในตัวอย่างและปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้นั้นตรงกับทฤษฎีของ OSL โดยมีลักษณะเดียวกันกับกราฟของรูป 1.8 ทั้งซ้ายและขวา จึงถือว่ามีที่น่าเชื่อถือ และสามารถคำนวณหาค่า ED ต่อไป



รูป 3.11 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB03 ในการทดลองครั้งที่ 3 (BB03_03)

หลังจากทำการทดลองเพื่อหาค่า ED ด้วยเครื่อง TL/OSL Reader ของตัวอย่าง BB03 ในการทดลองครั้งที่ 4 นั้น ได้ผลแสดงดังรูป 3.12 จากรูป 3.12 (ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) และเวลาการอบแสงกระตุ้น ซึ่งแต่ละตัวอย่างนั้นมีความสอดคล้องกับปริมาณรังสีที่อาบมา โดยเมื่อเวลาผ่านไปพร้อมกับปริมาณรังสีที่อาบนั้นมีค่ามากขึ้น จำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) ก็จะมีค่าลดลงไปเรื่อย ๆ จะเห็นได้ว่าตั้งแต่ 15 วินาทีเป็นต้นไปนั้น กราฟที่ได้มีความแปรปรวนสูง นิสิตผู้จัดทำโครงการได้เลือกข้อมูลจากเวลา 0-15 วินาที ที่เหมาะสมสำหรับการหาค่า ED และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากการเปล่งแสงด้วยวิธี OSL (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ในตัวอย่างและปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้นั้นตรงกับทฤษฎีของ OSL โดยมีลักษณะเดียวกันกับกราฟของรูป 1.8 ทั้งซ้ายและขวา จึงถือว่ามีความน่าเชื่อถือ และสามารถคำนวณหาค่า ED ต่อไป



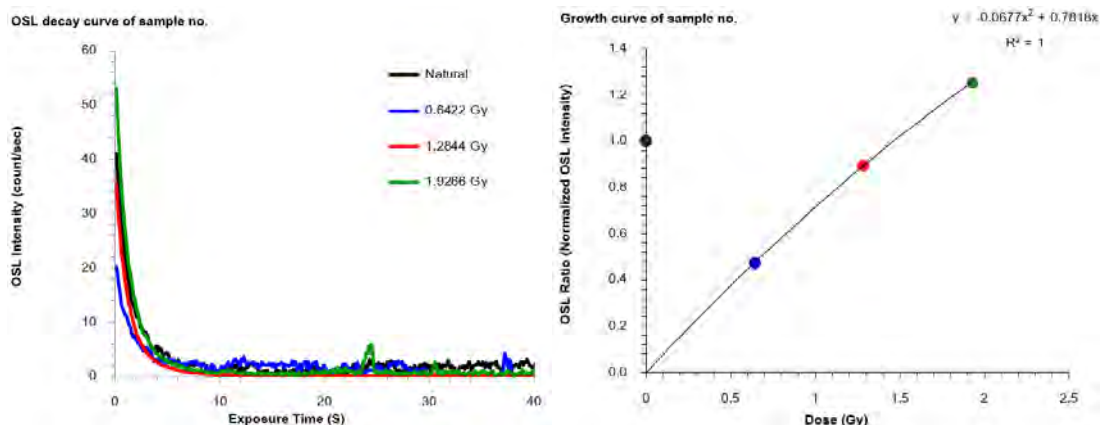
รูป 3.12 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB03 ในการทดลองครั้งที่ 4 (BB03_04)

ตาราง 3.4 แสดงผลการหาค่า Equivalent dose (ED) ของตัวอย่างอิฐ BB03

ชื่อตัวอย่าง	ED (Gy)	ED Error (Gy)	ED Error (%)
BB03_01	1.62	0.06	3.48
BB03_02	1.58	0.02	1.33
BB03_03	1.61	0.03	2.06
BB03_04	1.62	0.01	0.76

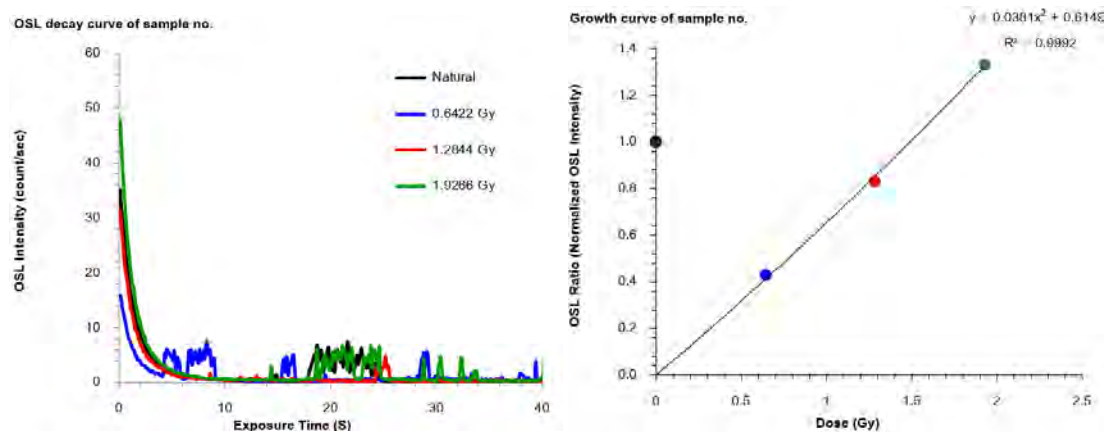
4) ผลการหาค่า Equivalent dose (ED) ของตัวอย่างอิฐ BB04

หลังจากทำการทดลองเพื่อหาค่า ED ด้วยเครื่อง TL/OSL Reader ของตัวอย่าง BB04 ในการทดลองครั้งที่ 1 นั้น ได้ผลแสดงดังรูป 3.13 จากรูป 3.13 (ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) และเวลาการอบแสงกระตุ้น ซึ่งแต่ละตัวอย่างนั้นมีความสอดคล้องกับปริมาณรังสีที่อาบมา โดยเมื่อเวลาผ่านไปพร้อมกับปริมาณรังสีที่อาบนั้นมีความมากขึ้น จำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) ก็จะมีค่าลดลงไปเรื่อย ๆ จะเห็นได้ว่าตั้งแต่ 15 วินาทีเป็นต้นไปนั้น กราฟที่ได้มีความแปรปรวนสูง นิสิตผู้จัดทำโครงการนี้ได้เลือกข้อมูลจากเวลา 0-15 วินาที ที่เหมาะสมสำหรับการหาค่า ED และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากการเปล่งแสงด้วยวิธี OSL (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ในตัวอย่างและปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้นั้นตรงกับทฤษฎีของ OSL โดยมีลักษณะเดียวกันกับกราฟของรูป 1.8 ทั้งซ้ายและขวา จึงถือว่ามีที่น่าเชื่อถือ และสามารถคำนวณหาค่า ED ต่อไป



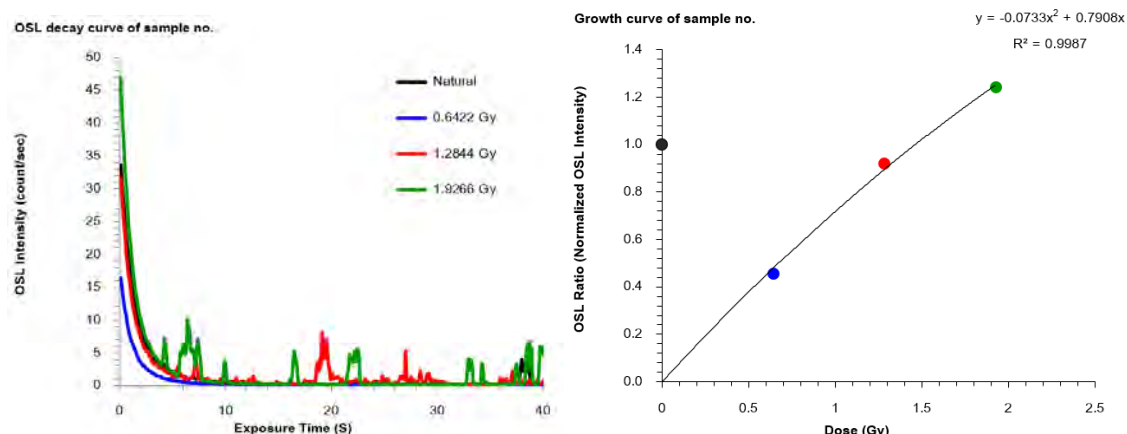
รูป 3.13 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB04 ในการทดลองครั้งที่ 1 (BB04_01)

หลังจากทำการทดลองเพื่อหาค่า ED ด้วยเครื่อง TL/OSL Reader ของตัวอย่าง BB04 ในการทดลองครั้งที่ 2 นั้น ได้ผลแสดงดังรูป 3.14 จากรูป 3.14 (ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) และเวลาการอบแสงกระตุ้น ซึ่งแต่ละตัวอย่างนั้นมีความสอดคล้องกับปริมาณรังสีที่อาบมา โดยเมื่อเวลาผ่านไปพร้อมกับปริมาณรังสีที่อาบนั้นมีความมากขึ้น จำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) ก็จะมีค่าลดลงไปเรื่อย ๆ จะเห็นได้ว่าตั้งแต่ 15 วินาทีเป็นต้นไปนั้น กราฟที่ได้มีความแปรปรวนสูง นิสิตผู้จัดทำโครงการได้เลือกข้อมูลจากเวลา 0-15 วินาที ที่เหมาะสมสำหรับการหาค่า ED และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากการเปล่งแสงด้วยวิธี OSL (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ในตัวอย่างและปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้นั้นตรงกับทฤษฎีของ OSL โดยมีลักษณะเดียวกันกับกราฟของรูป 1.8 ทั้งซ้ายและขวา จึงถือว่ามีที่น่าเชื่อถือ และสามารถคำนวณหาค่า ED ต่อไป



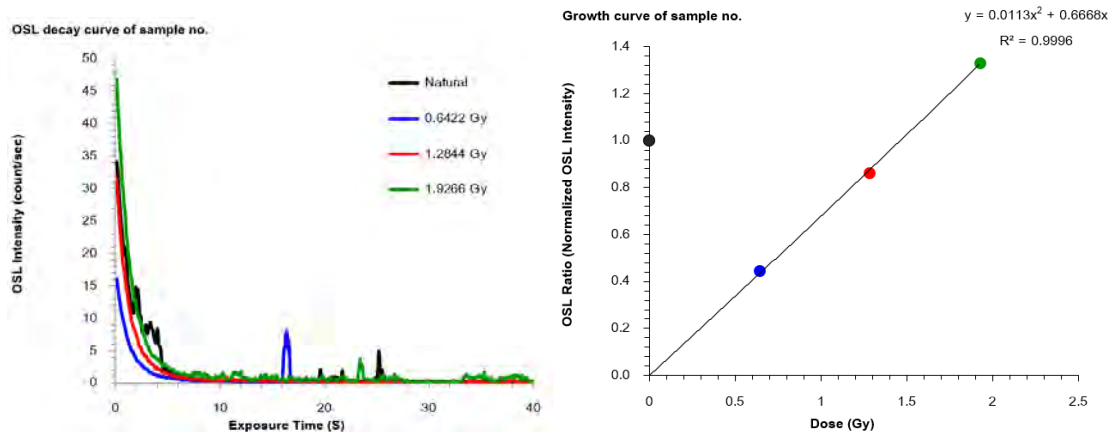
รูป 3.14 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB04 ในการทดลองครั้งที่ 2 (BB04_02)

หลังจากทำการทดลองเพื่อหาค่า ED ด้วยเครื่อง TL/OSL Reader ของตัวอย่าง BB04 ในการทดลองครั้งที่ 3 นั้น ได้ผลแสดงดังรูป 3.15 จากรูป 3.15 (ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) และเวลาการอบแสงกระตุ้น ซึ่งแต่ละตัวอย่างนั้นมีความสอดคล้องกับปริมาณรังสีที่อาบมา โดยเมื่อเวลาผ่านไปพร้อมกับปริมาณรังสีที่อาบนั้นมีค่ามากขึ้น จำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) ก็จะมีค่าลดลงไปเรื่อย ๆ จะเห็นได้ว่าตั้งแต่ 15 วินาทีเป็นต้นไปนั้น กราฟที่ได้มีความแปรปรวนสูง นิสิตผู้จัดทำโครงการได้เลือกข้อมูลจากเวลา 0-15 วินาที ที่เหมาะสมสำหรับการหาค่า ED และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากการเปล่งแสงด้วยวิธี OSL (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ในตัวอย่างและปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้นั้นตรงกับทฤษฎีของ OSL โดยมีลักษณะเดียวกันกับกราฟของรูป 1.8 ทั้งซ้ายและขวา จึงถือว่ามีที่น่าเชื่อถือ และสามารถคำนวณหาค่า ED ต่อไป



รูป 3.15 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB04 ในการทดลองครั้งที่ 3 (BB04_03)

หลังจากทำการทดลองเพื่อหาค่า ED ด้วยเครื่อง TL/OSL Reader ของตัวอย่าง BB04 ในการทดลองครั้งที่ 4 นั้น ได้ผลแสดงดังรูป 3.16 จากรูป 3.16 (ซ้าย) OSL decay curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) และเวลาการอบแสงกระตุ้น ซึ่งแต่ละตัวอย่างนั้นมีความสอดคล้องกับปริมาณรังสีที่อบมา โดยเมื่อเวลาผ่านไปพร้อมกับปริมาณรังสีที่อบนั้นมีค่ามากขึ้น จำนวนอิเล็กตรอนในตัวอย่าง (หน่วย count/sec) ก็จะมีค่าลดลงไปเรื่อย ๆ จะเห็นได้ว่าตั้งแต่ 15 วินาทีเป็นต้นไปนั้น กราฟที่ได้มีความแปรปรวนสูง นิสิตผู้จัดทำโครงการได้เลือกข้อมูลจากเวลา 0-15 วินาที ที่เหมาะสมสำหรับการหาค่า ED และ (ขวา) growth curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำนวนอิเล็กตรอนที่ตรวจวัดได้จากการเปล่งแสงด้วยวิธี OSL (หน่วย count/sec) ที่มีอยู่ในตัวอย่างและปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ทราบค่า (Gy) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้นั้นตรงกับทฤษฎีของ OSL โดยมีลักษณะเดียวกันกับกราฟของรูป 1.8 ทั้งซ้ายและขวา จึงถือว่ามีความน่าเชื่อถือ และสามารถคำนวณหาค่า ED ต่อไป



รูป 3.16 แสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการทดลองหาค่า ED จากเครื่อง TL/OSL reader ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของตัวอย่าง BB04 ในการทดลองครั้งที่ 4 (BB04_04)

ตาราง 3.5 แสดงผลการหาค่า Equivalent dose (ED) ของตัวอย่างอิฐ BB04

ชื่อตัวอย่าง	ED (Gy)	ED Error (Gy)	ED Error (%)
BB04_01	1.46	0.00	0.11
BB04_02	1.49	0.05	3.26
BB04_03	1.46	0.04	2.84
BB04_04	1.46	0.03	2.08

3.3 ผลการหาค่าอัตราการแผ่รังสีต่อปีของธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติ (Annual Dose, AD)

จากการทดลองนำตัวอย่างที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างทั้งสิ้น 4 ตัวอย่าง คือ BB01 BB02 BB03 และ BB04 ได้ทำการทดลองเพื่อหาค่า AD ด้วยเครื่อง Gamma-ray Spectrometer ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ผลของค่า AD มา ดังนี้

ตาราง 3.6 แสดงผลการหาค่าอัตราการแผ่รังสีต่อปี (Annual Dose : AD) จากเครื่อง Gamma-ray Spectrometer ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Sample	U-238		Th-232		K-40	
	ppm	error	ppm	error	%	error
BB01	2.15	0.01	8.37	0.04	0.54	0
BB02	1.31	0.01	7.25	0.04	0.31	0
BB03	2.44	0.01	9.75	0.04	0.70	0
BB04	1.47	0.01	8.23	0.04	0.38	0

บทที่ 4

วิเคราะห์การทดลอง

4.1 การคำนวณอายุผลการทดลอง

จากการคำนวณหาค่า AD และ ED สามารถคำนวณหาอายุของอิฐ โดยใช้สูตร Luminescence date = ED / AD ของ Aitken (1985) จากตัวอย่างอิฐทั้งหมด 4 ตัวอย่าง คือ BB01 BB02 BB03 และ BB04 โดยแต่ละตัวอย่างมีค่า AD ที่ได้จากการวิเคราะห์เครื่องมือ Gamma-ray Spectrometer ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และค่า ED ที่ได้จากเครื่องมือ TL/OSL Reader ณ ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีผลการคำนวณอายุแต่ละตัวอย่างดังนี้

ตาราง 4.1 แสดงผลการคำนวณหาอายุของตัวอย่างอิฐ BB01 BB02 BB03 และ BB04

ชื่อ ตัวอย่าง	ED (Gy)	ED Error (Gy)	ED Error (%)	AD (Gy/kyear)	AD Error (Gy/kyear)	AD Error (%)	Age (y)	Age Error (y)	Age Error (%)
BB01_01	1.44	0.01	0.46	1.77	0.02	1.13	812	11	1.35
BB01_02	1.38	0.01	0.67	1.77	0.02	1.13	778	10	1.29
BB01_03	1.43	0.01	0.74	1.77	0.02	1.13	806	11	1.36
BB01_04	1.35	0.02	1.12	1.77	0.02	1.13	761	14	1.84
BB02_01	1.04	0.02	2.00	1.27	0.02	1.57	819	19	2.32
BB02_02	0.77	0.01	1.16	1.27	0.02	1.57	606	12	1.98
BB02_03	1.05	0.01	0.95	1.27	0.02	1.57	827	14	1.69
BB02_04	0.87	0.01	1.15	1.27	0.02	1.57	685	12	1.75
BB03_01	1.62	0.06	3.48	2.10	0.02	0.95	772	30	3.89
BB03_02	1.58	0.02	1.33	2.10	0.02	0.95	753	12	1.59
BB03_03	1.61	0.03	2.06	2.10	0.02	0.95	767	16	2.09
BB03_04	1.62	0.01	0.76	2.10	0.02	0.95	772	9	1.17
BB04_01	1.46	0.01	0.68	1.45	0.02	1.38	1010	15	1.49
BB04_02	1.49	0.05	3.26	1.45	0.02	1.38	1031	37	3.59
BB04_03	1.46	0.04	2.84	1.45	0.02	1.38	1010	31	3.07
BB04_04	1.46	0.03	2.08	1.45	0.02	1.38	1010	24	2.38

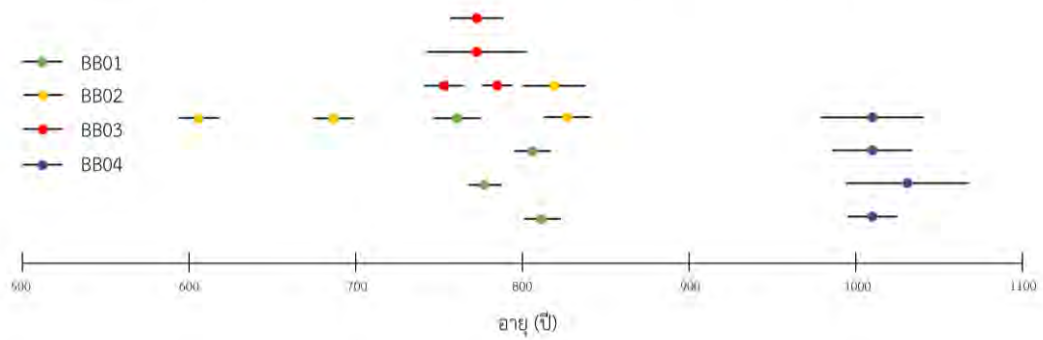
ตาราง 4.2 แสดงช่วงอายุก่อนปัจจุบันของตัวอย่างอิฐ BB01 BB02 BB03 และ BB04

ชื่อตัวอย่าง	ช่วงอายุก่อนปัจจุบัน (ปี)	ช่วงปีพุทธศักราช	พุทธศตวรรษ
BB01_01	801-823	1741-1763	18
BB01_02	768-788	1776-1796	18
BB01_03	795-817	1747-1769	18
BB01_04	747-775	1789-1817	18-19
BB02_01	800-838	1726-1764	18
BB02_02	594-618	1946-1970	20
BB02_03	813-841	1723-1751	18
BB02_04	673-697	1867-1891	19
BB03_01	742-802	1762-1822	18-19
BB03_02	741-765	1799-1823	18-19
BB03_03	751-783	1781-1813	18-19
BB03_04	763-781	1783-1801	18-19
BB04_01	995-1025	1539-1569	16
BB04_02	994-1068	1496-1570	15-16
BB04_03	979-1041	1523-1585	16
BB04_04	986-1034	1530-1578	16

4.2 การวิเคราะห์อายุที่ได้จากการทดลอง

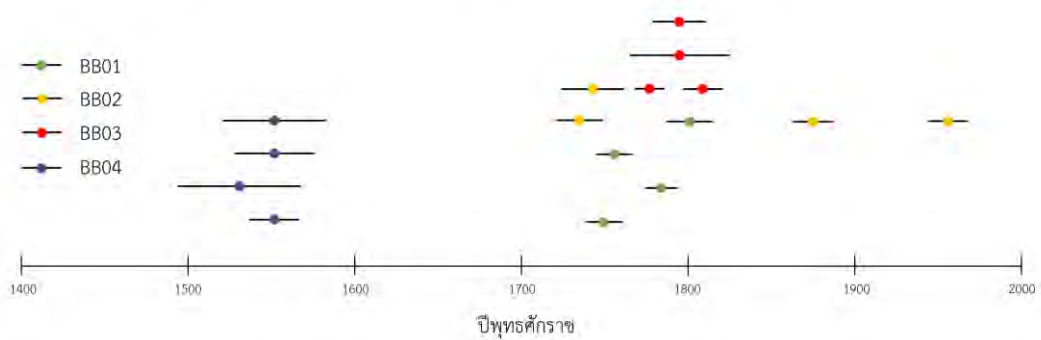
นิสิตผู้จัดทำโครงการนี้ได้จัดทำแผนภาพการกระจายตัวช่วงอายุก่อนปัจจุบันและการกระจายตัวช่วงอายุปีพุทธศักราชทั้ง 4 ตัวอย่าง พบว่า แต่ละตัวอย่างมีการกระจายตัวของอายุอยู่ที่ 800 ปีก่อน โดยตรงกับในพุทธศตวรรษที่ 18 ดังนี้

แผนภาพแสดงการกระจายตัวช่วงอายุก่อนปัจจุบันของตัวอย่างอัฐิ BB01 BB02 BB03 และ BB04



ภาพที่ 4.1 แผนภาพแสดงการกระจายตัวช่วงอายุก่อนปัจจุบันของตัวอย่างอัฐิ

แผนภาพแสดงการกระจายตัวช่วงอายุปีพุทธศักราชของตัวอย่างอัฐิ BB01 BB02 BB03 และ BB04



ภาพที่ 4.2 แผนภาพแสดงการกระจายตัวช่วงอายุปีพุทธศักราชของตัวอย่างอัฐิ

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลอายุที่ได้จากการทดลอง

จากการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองการหาอายุอิฐจากปราสาทไบบะก จังหวัดบุรีรัมย์ ด้วยวิธีการเปล่งแสง ทั้งสิ้น 4 ตัวอย่างนั้น นิสิตผู้จัดทำโครงการนั้น ได้จัดทำตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างอิฐทั้ง 4 ตัวอย่าง ดังนี้

ตาราง 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างอิฐทั้ง 4 ตัวอย่างและช่วงอายุ

ชื่อตัวอย่าง	อายุก่อนปัจจุบัน (ปี)						
	1000	900	800	700	600	500	400
BB01			■				
BB02				■			
BB03			■				
BB04	■						

ผลการทดลองการหาอายุอิฐจากปราสาทไบบะก จังหวัดบุรีรัมย์ พบว่า แต่ละตัวอย่างมีการกระจายตัวของอายุอยู่ที่ 800 ปีก่อนปัจจุบัน โดยตรงกับในพุทธศตวรรษที่ 18 และตัวอย่าง BB04 ส่วนที่แรเงาในตารางนั้นเป็นส่วนที่เป็นคาบเกี่ยวช่วงพุทธศตวรรษที่ 17 ซึ่งมีอายุใกล้เคียงกับข้อมูลที่อ้างอิงจากประวัติศาสตร์ตามที่ นายสันติ อุทุมพร นายกเทศมนตรี ต.จันทบเพชร อ.บ้านกรวด จ.บุรีรัมย์ กล่าวว่าจากข้อมูลและหลักฐานที่พบ สันนิษฐานว่าปราสาทไบบะก มีอายุราวพุทธศตวรรษที่ 16- 17

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การเก็บตัวอย่างอิฐควรใช้ถุงซิปล็อกในการบรรจุตัวอย่างอิฐเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำในตัวอย่างเกิดการระเหย ดังนั้นเมื่อเก็บตัวอย่างมาแล้ว ควรทำการศึกษาและทดลองโดยทันที
2. ควรมีการทดลองหาค่า ED อย่างน้อยตัวอย่างละ 30 ซ้ำ เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูลทางสถิติ เพื่อการสรุปผลช่วงอายุของตัวอย่างที่มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น
3. สามารถเลือกใช้ค่ากลางของข้อมูลเชิงสถิติในหลากหลายรูปแบบ นำข้อมูลการคำนวณหาค่าอายุที่ได้มาทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ ข้อดีและข้อเสียของค่ากลางนั้น ๆ

บรรณานุกรม

- ธนีสรณ์ พุทธกาล, 2560, การหาอายุอิฐจากกำแพงเมืองสงขลาด้วยวิธีเปล่งแสง, โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์, ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- พงษ์ภัทร์ ชื่นอร่ามรุ่งเรือง, 2561, การหาอายุอิฐด้วยวิธีเปล่งแสงบริเวณอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยาและจังหวัดกาญจนบุรี, โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์, ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สันติ ภัยหลบลี้, 2563, “การหาอายุด้วยวิธีการเปล่งแสง.”, [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.mitrearth.org>.
- Bailiff, I. K. 2007. Methodological Developments in the Luminescence Dating of Brick from English Late-Medieval and Post-Medieval Building.
- Frank Preusser, Markus Fuchs, Detlev Degering, and Nicole Klasen. 2008, Luminescence dating : basics, methods and application.
- Frankel, Kurt L., Lewis A. Owen, James F. Dolan, Jeffery R. Knott, Zachery M. Lifton, Robert C. Finkel and Thad Wasklewicz. 2015. “Timing and Rates of Holocene Normal Faulting along the Black Mountains Fault Zone, Death Valley, USA”.
- Isao Takashima , and Koichiro Watanabe, 1994. Thermoluminescence age determination of lava flows/domes and collapsed materials at Unzen Volcano, SW Japan. Bull. Volcanol. Soc. Japan, 39, 1–12.
- Santi Pailoplee, Boonyarit Chaisuwan, Isao Takashima, Krit Won-In, and Punya Charusiri. 2010, Dating Ancient Remains by Thermoluminescence : Implications of Incompletely Burnt Bricks.
- Sophie Blain, Ian K. Bailiff, Pierre Guibert, Armel Bouvier, and Maylis Bayle. 2009, Dating bricks of the last two millennia from Newcastle upon Tyne: a preliminary study. Radiation Measurements.

